

مطبوعات جامعة الإمارات العربية المتحدة
كليـــة العلـــوم
(٣٦)

الفلك

الدكتور / محمد صالح النواوي

١٩٩٦ / ١٩٩٧م

مقدمة المؤلف

الحمد لله الذي خلق السموات والأرض وجعل الظلمات والنور ، والصلاة والسلام علي رسولنا محمد وعلي آله وصحبه وسلم .

أما بعد فإن علم الفلك من العلوم التي تخاطب عقل الإنسان ، وتحلق به في آفاق الكون ، كما أنه يري آيات الخالق سبحانه وتعالي في السماء. فالكون واسع وملئ بالآيات الباهرات ، ويعيش دارس الفلك في عالم رحب حيث يري نفسه متجولا بين الكواكب والنجوم ، وكأنه طائر مرفرف بجناحيه في كون لا يعرف منتهاه. بل إنك تجد علماء الفلك وهم يحملون في عقولهم آمالا عريضة في أن يستطيع أبناء المستقبل التجوال في أطراف بعيدة من الكون. ولأن خالق الكون هو الله سبحانه وتعالي فإننا نري كتابه العزيز زاخراً بالحديث عن الآيات الكونية لما في السماء والنجوم من آيات عظيمة تهز كيان الإنسان وتحرك فيه كوامن الإحساس بعظمة الله وقدرته.

لقد أخذ هذا الكتاب مني جهدا كبيرا ، وسهرا طويلا ، ومثابرة مضنية ، ولذا أشعر بأنه قد خرج الي النور في ثوب أسأل الله أن يرضي من يطلع عليه ويجد فيه إجابات شافية لأي من موضوعات الفلك . وصبري عليه جاء من رغبتي القوية من عرض أهم الموضوعات الفلكية في أسلوب سهل الفهم ، قريب المأخذ ، شيق الأسلوب . وأظنني بهذا الكتاب قد لبيت الكثير من التساؤلات الشغوفة التي أقرؤها في عيون أبنائي من الطلاب سواء في قاعات الدرس أو خارجها. ولقد كان للإقبال الشديد من الطلاب أبناء الجامعة علي دراسة الفلك دور مهم ، ولد بداخلي الإحساس بالمسؤلية ، والحافز للعمل الدؤوب ، حتي يخرج الكتاب في مستوي يضاهي الكتب المرجعية العالمية ، وفي رونق شيق وجذاب.

وقد راعيت أن يحتوي الكتاب علي شتي الموضوعات الفلكية ، وبأحدث صورة لها ، وحاولت أن أستخدم أسلوبا مشوقا قدر ما أستطعت ، كي يجد الطالب في مادة الكتاب ما يشوقه للإقبال على علم الفلك ، والاغتراف من عجائبه.

وفي المقدمة أردت أن يمر القارئ بشكل سريع علي شريط موجز لأهم الموضوعات الفلكية ، ثم ركزت في الباب الثاني علي تاريخنا العريق ودور الحضارة الإسلامية في النهوض بالعلوم بشكل عام ، وبالفلك بشكل خاص ، وذلك منذ بدأ نمو العلم فيها إلي أواخر القرن السابع عشر، كما ركزت علي السيرة العلمية لبعض مشاهير علماء الفلك المسلمين. أما في الباب الثالث فقد أردت أن يتعرف الطالب علي بعض الموضوعات التي يلمس أثرها في حياته اليومية ، من حركات للشمس والأرض والقمر ، كما ذكرت بعض المسائل الفلكية ذات الصلة ببعض العبادات ، في أسلوب ميسر خال من المعادلات. وخصصت الباب الرابع لدراسة

التلسكوبات وأنواعـهـا لأهمـيـة ذلك لدارسي الفلك. وفي البـاب الخـامس لخـصت بعض الخصائص العامة للمجموعة الشمسية. أما الباب السادس فأسهبت في شرح العوامل التي جعلت من الأرض كوكبا صالحا للحياة . وفي الأبواب من السابع إلي التاسع تجولت بين الكواكب وأقمارها ، والمذنبات والكويكبات ، لنرى آخر ما عرفه الإنسان عن ذلك العالم القريب منا وهو عالم المجموعة الشمسية. وخصصت الباب العاشر لدراسة الشمس بشئ من التفصيل. أما الباب الحادي عشر ، فقد فصلت فيه أحدث مالدينا من معلومات عن النجوم وقصة حياتها منذ نشأتها وحتي موتها. أما الباب الأخير فيحكي لنا قصة الكون وتطوره ، ومافيه من مجرات ، بأنواع وأشكال مختلفة ، وقد تطرقت فيه لأهم الموضوعات الحديثة المتعلقة بدراسة المجرات وأنشطتها.

وقد راعيت في ذلك الأسلوب البسيط ، وأستغنيت عن المعادلات قدر الإمكان ، حتي يسهل علي غير المتخصص فهم المادة واستيعابها ، وقد استنبطت المعلومات من أمهات الكتب الفلكية الحديثة والتي قد أشرت إليها في نهاية الكتاب.

والله أسأل أن ينفع به كل من تعلمه ، وأن يأجرني عليه خير الجزاء. ولا يفوتني في نهاية المطاف أن أتقدم بجزيل الشكر والامتنان لإدارتي الجامعة والكلية ورئيس قسم الفيزياء لما قدموه من تشجيع لظهور الكتاب إلى حيز النور. كما أشكر العديد من الزملاء بقسم الفيزياء وأخص بالذكر الدكتور أحمد حمزة عرابي ، والدكتور أحمد علاء أبو السعود ، والدكتور سامي هاشم لجهودهم في المراجعة والتدقيق للمادة العلمية، كما أشكر الدكتور محمد حسن المرسي لجهوده في المراجعة اللغوية ، وأشكر الزميلين اللذين قيما مادة الكتاب فقد كانت نصائحهم مفيدة، كما أشكر المعاهد العلمية التي أعطتني الإذن باستخدام صورها ووضعها في الكتاب وهي : ناسا(NASA) والمرصد الانجلو استرالي(AATB) والمرصد الدولي الفلكي الضوئي(NOAO) ومرصد بالمر(Caltech) والدكتور أوي فنك(Uwe Fink) والدكتور بروس باليك((Dr Bruce Balick) وغيرهم من الذين ذكرتهم كل في موضعه عند الصور، وكما إتقدم بجزيل الشكر للأخوة العاملين بمطبعة الجامعة على ما بذلوه من جهد متميز في إخراج الكتاب بصورة تضاهي الكتب العالمية.

المحتويـــــات

رقم الصفحة

ملحقات

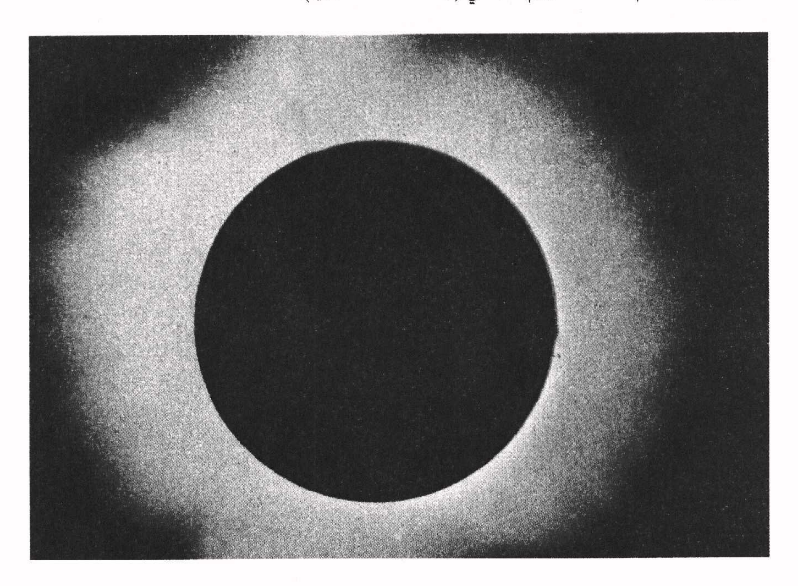
الباب الأول

مقدمة

الباب الأول

مقدمة

إن من أشرف العلوم منزلة وأسناها مرتبة وأحسنها حلية وأعلقها بالقلب وألمعها بالنفوس وأشدها تحديداً للفكر والنظر وتزكية للفهم ورياضة للعقل بعد العلم بما لا يسع الإنسان جهله من شرائع الدين وسنته «علم صناعة النجوم» البتاني (ولد سنة ٢٣٥ هجرية).



شكل (١-٢) الكسوف الكلي للشمس وهي ظاهرة كونية عظيمة ويمكن رؤية الغلاف الجوي للشمس أثناء الكسوف كما هو واضح من الصورة . وتختلف أبعاد الغلاف الجوي من نقطة لأخرى حسب النشاط الشمسي.

ماذا نشاهد في علم الفلك؟

إن علم الفلك من أقدم العلوم وأكثرها تشويقا لأغلب الناس ٠ وقد تطورت الدراسات الفلكية واستطاع الانسان مع تطور آلات الرصد والتصوير، أن يأتي لنا بمناظر وصور رائعة من الكون ، لتظهر لنا آيات باهرة لم نكن نتصور وجودها في أرجاء الكون الفسيح ٠

يتناول الباب الأول معلومات قصيرة وسريعة عن شتي الموضوعات الفلكية التي سنهتم بتناولها بالتفصيل في الكتاب ، وكأنه بذلك يمهد القارئ لما يقبل عليه بعد ذلك من موضوعات الفلك المختلفة ، ثم ندخل بعد ذلك في شرح إسهام الحضارات المختلفة في علم الفلك ، وأهمية علم الفلك ، وتأثيره علي العلوم المختلفة ، وفي نهاية الباب نعرض فكرة مبسطة عن فروع الفلك كما نعرفها في عصرنا الحديث .

ما علم الفلك؟

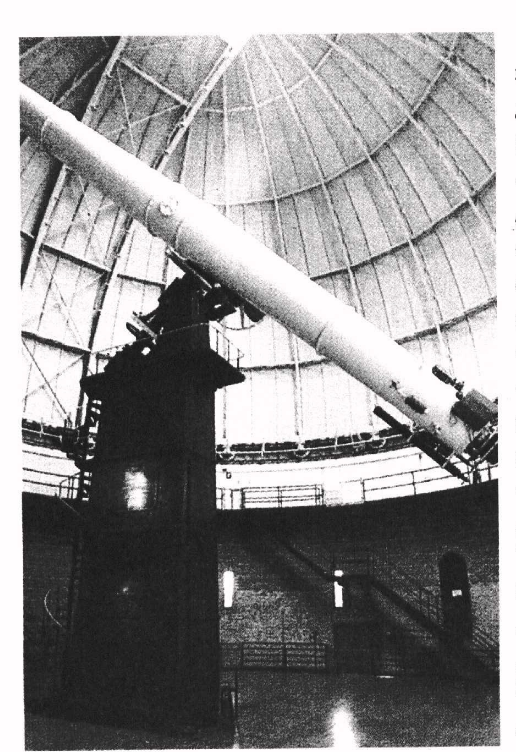
علم الفلك هو العلم الذي يهتم بدراسة الكون المحيط بنا ، كما أنه يهتم بدراسة الأرض كواحدة من الكواكب ، ولكنه لايختص بدراسة الطقس فهذه مهمة علم الأرصاد الجوية ، أو مايطلق عليه حديثا علم الطبيعة الجوية ، ولكن الفلك يدرس طبقات الغلاف الجوي لفهم ظروف الحياة على الأرض ، ومقارنة أحوال الكواكب بها ، كما أن علم الفلك يدرس الأجرام المختلفة من كواكب ونجوم ومجرات ومادة مابين النجوم إلى غير ذلك مما هو موجود في الكون المترامي الأطراف ، وهو يدرس هذه الأجرام من حيث تركيبها وحركتها وأبعادها وكل مايهمنا عنها من معلومات ٠ ولذلك فإن أشمل التعريفات هو أن علم الفلك هو علم دراسة المادة في الكون ٠



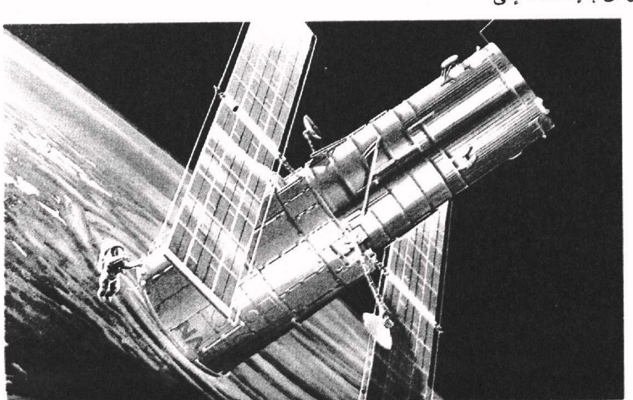
شكل (١-٢) أحد رواد الفضاء وهو يمشي على سطح القمر.

التلسكوبات:

تعتبر التلسكوبات الأداة الأساسية في دراسة الكون بأبعاده الكبيرة. وفي شكل(١-٣) صورة لتلسكوب ضوئي. وقد تطورت التلسكوبات كثيرا في العصر الحديث من حيث التركيب ومن حيث مايمكن أن تستقبله من أطياف النجوم ٠ ولقد أصبح لدينا الآن جيل من التلسكوبات العملاقة التي تستطيع أن ترصد الأجسام البعيدة جدا ٠ ولقد نجح الانسان كذلك في وضع تلسكوبات على محطات الفضاء ليتلافى تأثير الغلاف الجوي على كفاءة الرصد٠ وتلسكوب "هابل" الفضائي والمبين في شكل(١-٤) يتميز بكفاءة عالية. كما أن لرحلات الفضاء دورا كبيرا في كشف الكثير من أسرار المجموعة الشمسية والتعرف على بعض أقمار المجموعة الشمسية والتي لم تكن ترى من الأرض بالإضافة إلى زيادة معلوماتنا عن الكواكب نفسها ٠

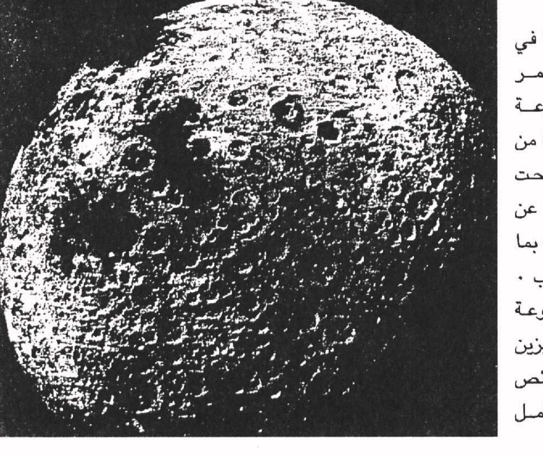


شكل (١-٣) تلسكوب ضوئي عاكس متوسط الحجم

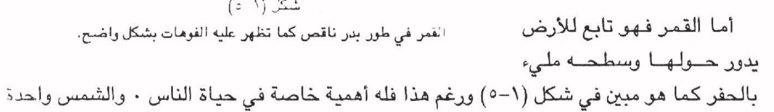


شكل (١-٤) تلسكوب هابل وله مرآة نصف قطرها ٢.٤ متراً وقد تم وضعه في مدار على ارتفاع ٤٠٠ كم من سطح الأرض.

أقرب الأجرام إلينا:

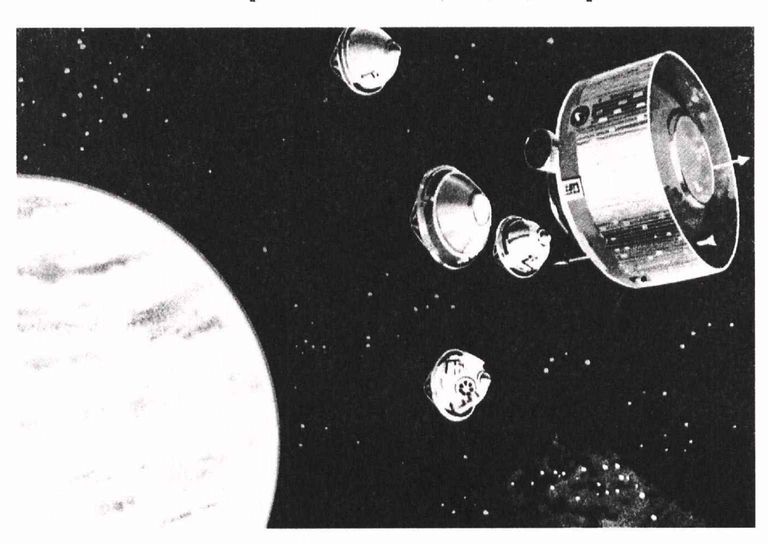


أقرب ماتراه أعيننا في الفضاء : الشمس والقمر وبعض كواكب المجموعة الشمسية ثم أعداد هائلة من النجوم ٠ وقد أصبحت المعلومات التي نعرفها عن المجموعة الشمسية مليئة بما يجذب الانتباه ويشد الألباب ٠ فحقيقة الأمر أن المجموعة الشمسية من أجمل مايزين السماء وبها من الخصائص العجيبة مايستحق التأمل والدراسة ٠



شكل (١-٥)
القمر في طور بدر ناقص كما تظهر عليه الفوهات بشكل واضح.

أما القمر فهو تابع للأرض يدور حولها وسطحه مليء بالحفر كما هو مبين في شكل (١-٥) ورغم هذا فله أهمية خاصة في حياة الناس ٠ والشمس واحدة



شكل (١-٦) مركبة فويجر عند دورانها حول كوكب المشتري

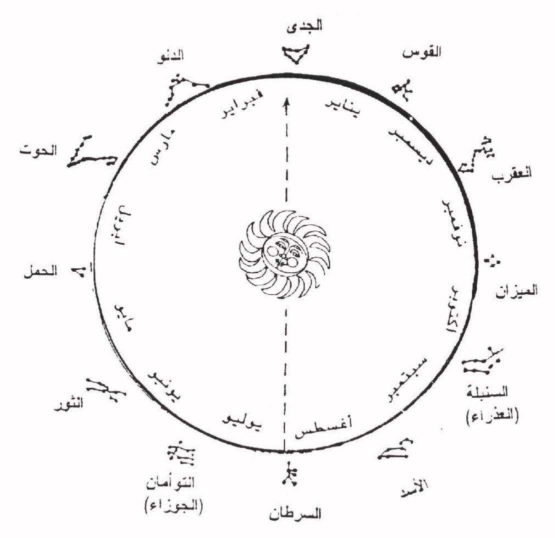
من النجوم الكثيرة المنتشرة في الكون غير أنها هي التي تربط كواكب المجموعة الشمسية بفعل جاذبيتها وتمدها بما تحتاج إليه من طاقة وبالطبع كوكبنا الأرض هو أحد هذه الكواكب.



شكل (١-٧) الفوهات على سطح المريخ ويتضح من الصورة اللون الأحمر الذي يميز المريخ.

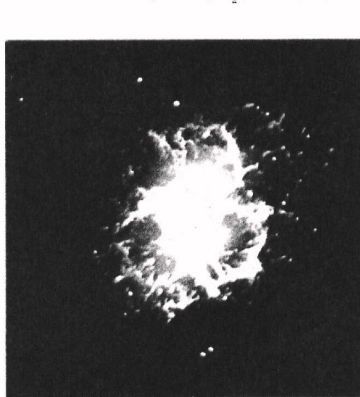
الأبراج:

إن حركة الأرض حول نفسها ينشأ عنها تعاقب الليل والنهار ، ومن ثم نعرف اليوم. أما دورة الأرض حول الشمس فهي التي نحدد بها مقدارالسنة كما نعرفه ، وأثناء دوران الأرض حول الشمس فإن منظر النجوم وتجمعاتها يتغير أمام المشاهد على سطح الأرض . ولقد تخيل القدماء أشكالا مختلفة للتجمعات الظاهرية للنجوم ، ومن هذه المجموعات تجمعات الأبراج الاثني عشر ، وتعتبر الأبراج بمثابة محطات تمر بها الأرض أثناء دورانها حول الشمس ، وفي كل شهر من أشهر السنة تدخل الأرض (الشمس ظاهريا) داخل أحد الأبراج ، بمعني أن تكون مجموعة برج الدلو مثلا أمام الخط الواصل بين الأرض والشمس في شهر فبراير ، ومجموعة برج الحوت في شهر مارس ، وهكذا ، كما هو مبين في الرسم التالي ، وبذلك فإن دائرة البروج تمثل مدار الأرض حول الشمس ، ولكن لاتوجد بالطبع علاقة بين الأبراج وأقدار الناس كما يدعي المنجمون. ولقد كان الناس قديما قبل الإسلام يتخيلون التجمعات النجومية في أشكال درامية حيث وضعوا قصصا خرافية حول آلهة في السماء حتي أن لكل برج عندهم قصة ، فبرج الثور يحكي صراعا بين رجل جبار مع ثور هائج ، وتخيلوا بين يدي الجبار نهرا كما يتحرك معه اثنان من كلاب الصيد إلي آخر

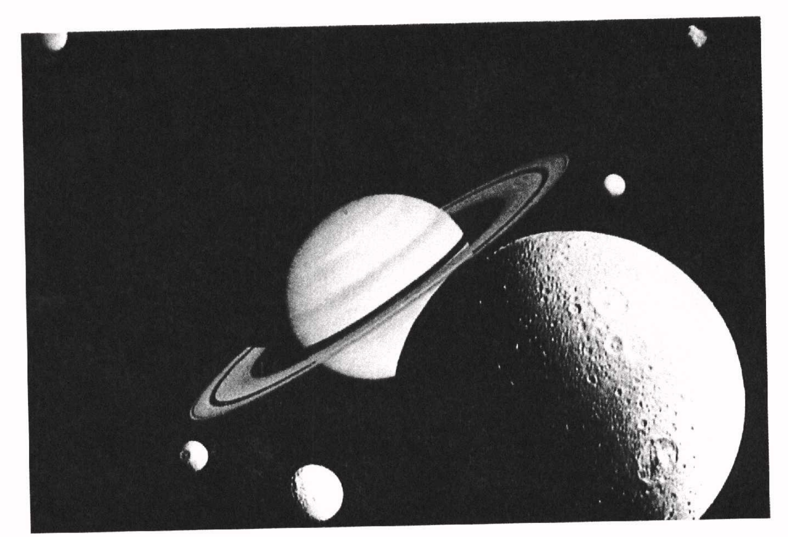


شكل (١-٨) دائرة البروج. وهي تعبر عن مسار الأرض السنوي حول الشمس

ذلك من القصص الذي بنوه من بنات خيالاتهم بل إنهم ربطوا بين الأحداث التي تمر بالإنسان في حياته والبرج الذي ولد فيه . ولقد ظل علم الفلك والتنجيم شيئا واحدا إلى أن جاء علماء المسلمين ففرقوا بين علم الفلك والتنجيم ، حيث جعلوا علم الفلك علم مجرد من الأوهام والخرافات ولكنهم تركوا مسميات التجمعات النجمية كما هي وبذلك كان لهم السبق والفضل في تخليص علم الفلك من الخرافات وجعله علما يعتمد علي الحسابات الدقيقة والأرصاد المتقنة . ولمعرفة المزيد عن التجمعات النجمية في الفصول المختلفة أنظر في الملحق الرابع في آخر الكتاب.



شكل (١-٩) سديم السرطان وهو سحابة بين نجمية ضخمة بها نجم انفجر ومازالت الغازات الناتجة عن الانفجار تتمدد



شكل (١-١٠) كوكب زحل مع بعض أقماره في صورة رائعة



شكل (١-١١) صورة لكوكب الأرض من الفضاء الخارجي. ويظهر الكثير من تضاريس الأرض من الفضاء مما يؤكد شفافية الغلاف الجوي للأرض بحيث تظهر التضاريس من الخارج. كما نرى في الصورة منطقة الجزيرة العربية وشمال افريقيا والبحر الأحمر وقارة افريقيا بالكامل.



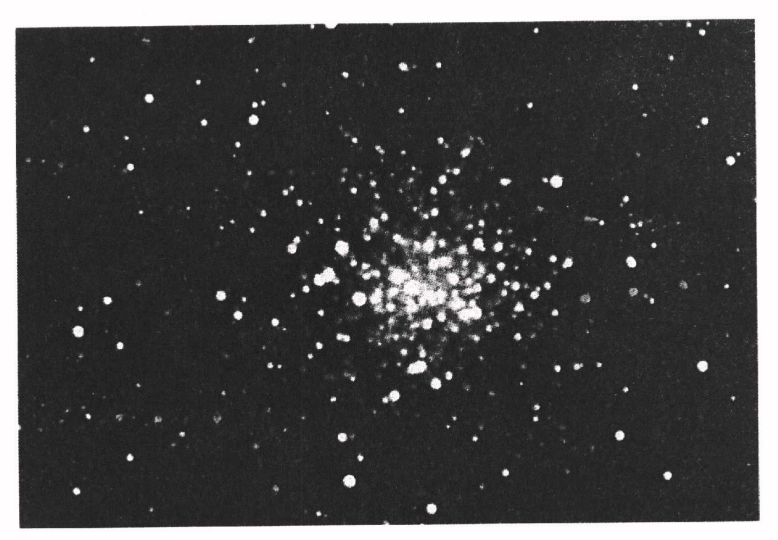
▲ شكل (١-١٢) واحدة من السحب بين نجمية وهي مما نشاهده بأشكال بديعة وألوان خلابة وهذه السحابة تبدو في شكل الفراشة

شكل (١-١٣) أحد النجوم المنفجرة والمعروفة بالسوبرنوفا ▼



مجرة درب التبانة :

هي المجرة التي توجد بها مجموعتنا الشمسية ، وهي تحتوي على حوالي ١٠٠ ألف مليـــون نجم، ورغم أنهـــا هائلة في حجمها الا أنها تعتبر من المجرات المتوسطة ، وقد كانت عملية تصور شكلها من المشكلات الصـعبـة التي أخـذت وقـتـا من علمـاء الفلك في فـهمـهـا وأصبح من المعروف أنها حلزونيـة الشكل وتوجـد في أذرعـهـا مـادة غـازية تعرف بمادة مابين النجوم



شكل (١-١٤) صندوق المجوهرات (NGC4755) وهو حشد نجمي مفتوح يبعد ٢٥٠٠ بارسك من الشمس.

وهي تتجمع في شكل سحب تأخذ أشكالا جذابة . إذا نظرت إلى السماء الصافية من مكان بعيد عن أضواء المدن فسترى شريطا عريضا يمتد في وسط السماء يزدحم بالنجوم فذلك هو درب التبانة .

السحب بين النجوم:

وهي تأخذ أشكالا عديدة وقد تحتوي على بعض النجوم ، أو حشد من النجوم ، ونري فيها ألوانا متعددة تبعا لطيف النجوم الساقط عليها، وحسب طبيعة مادتها ، وتبدو هذه السحب بأشكال جميلة وألوان خلابة تعد بحق من أروع مانراه من أيات في أرجاء الكون الذي يحيط بنا . وتعتبر السحب بين النجمية بمثابة المهد الذي تتكون فيه ومنه النجوم . أنظر شكلا(١-١٢و ١-١٥).

النجوم:

وهي عبارة عن أجرام غازية ملتهبة تحدث في لبها تفاعلات نووية هي مصدر طاقتها . ولذلك فهي تشع وتمد مايحيط بها من وسط بالطاقة ، وعلي خلاف النجوم تظهر الكواكب بمقدار مايسقط عليها من أشعة الشمس ، ولكنها في الأصل أجسام معتمة . وتختلف النجوم من حيث الحجم واللون والتركيب الداخلي . فمنها ماهو هادئ كالشمس ، ومنها المتغير مثل النوفا والسوبرنوفا،



شكل (١-١٥) سحابة بين نجمية ، ونرى في الصورة كماً هائلاً من النجوم

وفي شكل(١-١٣) مشهد لنجم منفجر . كما أن منها ماهو صغير في السن أو حديث الولادة ، ومنها ما وصل إلى المراحل المتأخرة في عمره وأشرف على الموت كالنجوم النيوترونية ٠ إن عدد النجوم في السماء شئ فوق الخيال يصعب إحصاؤها لكثرتها وللاتساع المهول للكون ولذلك يمكننا القول بأن السؤال عن عدد النجوم في السماء كالسؤال عن عدد حبات الرمال في الصحراء.

حشود النجوم:

تتجمع النجوم في تجمعات تأخذ أشكالا مختلفة تعرف بحشود النجوم star lusters ٠ منها ماهو دائري منتظم ومنها العنقودي ومنها مايبدو غير منتظم ونجومه متباعدة مما يدل على عدم استقرار النجوم فيه ، وأصبح من المعروف أن أغلب النجوم داخل الحشد الواحد قد نشأت في وقت واحد أو أن لها من الظروف ماجمعها في حشد واحد ، وقد يزيد عدد النجوم داخل الحشد ليصل إلى ١٠ الاف نجم أما الحشود النجمية الحديثة فإنها لا تحوي سوي عشرات النجوم. وتعتبر الحشود النجمية ذات أهمية كبيرة لما لها من دور مهم في تعرفنا بالأدلة العلمية لأطوار وحلقات قصة حياة النجوم . وفي شكل(١-١٤) منظر لحشد نجمي .



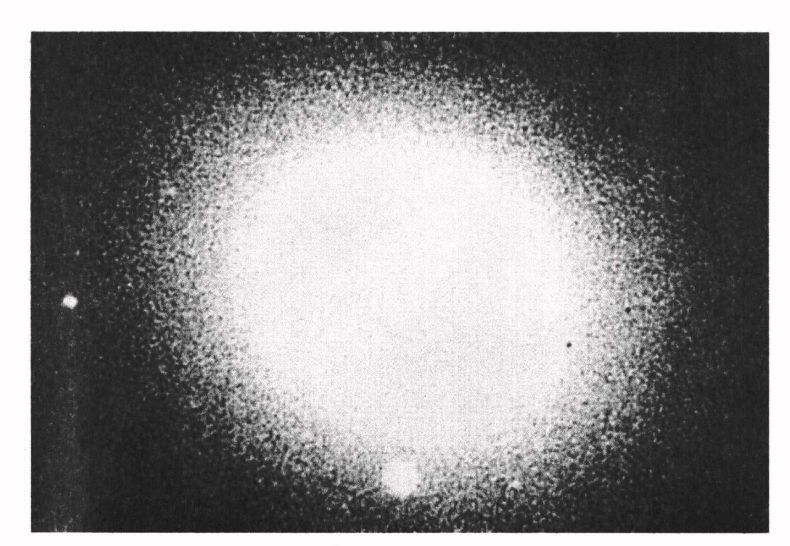
شكل (١-١٦) مجرة المرأة المسلسلة (M31) وهي تشبه مجرتنا فهي حلزونية الشكل وتقع النجوم اللامعة والزرقاء والحديثة التكوين في الجزء الخارجي بينما تقع النجوم الأقل لمعاناً في مركز المجرة.

المجـرات:

المجرات عبارة عن تجمعات هائلة من النجوم تحوى كل مجرة بداخلها العديد من حشود النجوم. أنظر شكلا(١-١٦ و١-١٧) ويوجد من المجرات أنواع متعددة ، فمنها ماهو منتظم في الشكل كمجرتنا ، ومنها ماهو غير منتظم في شكله كما أن بعض المجرات ضخم ومنها ماهو صغير نسبيا، وفي المتوسط تحتوي المجرة الواحدة على حوالي ١٠٠ ألف مليون نجم . ومازالت المجرات بالنسبة لنا عالم مليء بالأسرار ولذلك يمكننا أن نقول إن دراستها تعد بحق من أحدث فروع علم الفلك المهمة والتي يمكن أن تساعدنا علي وضع تصور للكون الذي نعيش فيه ، وبالطبع فإن أبعاد التصورات الفلكية تقف عند حدود السماء الدنيا ، أما ما لا نراه من سماوات علا فإن ذلك يقع في علم الله .

حشود المجرات:

ليست النجوم وحدها هي التي تتجمع في حشود ، بل أن المجرات كذلك تتجمع في حشود ضخمة تحوى مئات أو الاف المجرات مما يعد نقلة كبيرة في مفهومنا لاتساع الكون . وهذا هو ما استطعنا أن نرصده ، فكيف بما لم نره ولم نستطع رؤيته من الكون الفسيح ، فسبحان من خلق السماوات



شكل (١-١٧) مجرة اهليليجية عملاقة وهي أكبر من مجرتنا بكثير

والأرض . ومن خلال دراستنا للحشود بدأنا نتعرف على العديد من المجرات التي تعتبر شاذة في مقدار ماترسله من أشعة ، وبالأخص الكوازارات وهي مجرات حديثة التكوين بريقها عال جدا حتى تصور العلماء أنها نجوم من النوع البراق ، ولكن بعد دراسة حجمها وتركيبها أصبح معروفا أنها مجرات حديثة التكوين ولذلك تظهر بلمعان شديد بل إنها تعد بحق ألمع ما رصدته الأجهزة الفلكية من أجرام تسبح في أرجاء الكون الفسيح.

وبعد أن قمنا بجولة سريعة بين كثير من الأجرام السماوية والظواهر الفلكية ، نقدم فيما يلي مقدمة تعريفية بعلم الفلك ؛ للتعرف على تطوره في الحضارات المختلفة ، وأثره على العلوم الأخرى ، ومدى أهميته في حياتنا ، بالإضافة لنبذة مختصرة عن تخصصات الفلك المختلفة .

الفلك في الحضارات المختلفة:

يعتبر علم الفلك من أقدم العلوم التي عرفها الإنسان واهتم بها. ففي عدم وجود التلوث الضوئي أو ما نقول عنه الإضاءة الصناعية ، كان الليل مظلما لا يضيئه إلا القمر وتلألؤ النجوم في السماء. وكما يعرف أحدنا خريطة المنطقة التي يعيش فيها كان الإنسان يحدد طريقه في الليل عن طريق خريطة التجمعات النجمية التي عرفها وتعود عليها. ومما سجلته أسطر التاريخ أن قدماءالمصريين كانوا علي دراية فلكية كبيرة وفهم دقيق لحساب حركة الشمس اليومية والسنوية .

حيث استخدموا الهندسة الفلكية في بناء المعابد والأهرامات. كما أخذوا الأسبوع كفترة زمنية مستقلة وقسموا اليوم إلى ٢٤ ساعة ، بل قاسوا طول العام الذي أعانهم علي تحديد موعد فيضان النيل.

أما حضارات بابل واشور فإنها كانت غنية بمعلوماتها الفلكية أيضا ، حيث سجلوا خسوف القمر وقاسوا دورته ، وعرفوا حركته الظاهرية ، وعبدوا الكواكب السبعة ، وكانوا يقصدون بها الشمس ، والقمر ، وعطارد ، والزهرة ، والمريخ والمشتري ، وزحل. وهذا يدل علي معرفتهم بها وبمواقعها. وقد ميزوا الكواكب عن طريق حركتها بين التجمعات النجمية المختلفة ، فالنجوم تعتبر ساكنة بالنسبة لنا أما الكواكب فهي تدور حول الشمس مثل الأرض ، ولذلك فهي تنتقل بين التجمعات النجمية المختلفة ، بحيث تظهر الكواكب للمشاهد متحركة بين النجوم ولذلك أطلق عليها الأقدمون إسم "النجوم السيارة " وأطلقوا علي النجوم إسم النجوم الثوابت ليفرقوا بينها وبين الكواكب. كما أن حضارات الصين القديمة والهند والعرب قبل الإسلام سجلت لهم كتب التاريخ أعمالا فلكية متعددة .

ومن معرفتنا للحضارة اليونانية وما تميزت به من طابع فلسفي ؛ فقد وضعت بعض الأفكار الجيدة عن دوران الأجسام في السماء وهل الشمس مركز الكون أم الأرض؟ ، وإن كانت هذه المسائل لم تتضح بشكل صحيح في عهدهم. يقول أرشميدس إن أرستارخوس الساموسي ألف كتابا يستنتج فيه أن الكون أكبر من العالم المعروف مرات كثيرة وأن النجوم الثابتة والشمس تقع في وسط السماء.

وإذا عبرنا بالأجيال حتي وصلنا إلى إسلامنا العزيز فإننا سنجد تطورا هائلا قد حدث في علم الفلك في فترة ازدهار الدولة الإسلامية ، وذلك لارتباط الفلك بالدين من حيث العبادات لحساب مواقيت الصلاة وأوائل الشهور العربية أو لفهم بعض الآيات الكونية . فقد حث الله سبحانه وتعالي المؤمنين في مواضع شتي من كتابه العزيز بالنظر إلى السماء والتفكر في آياتها :" إن في خلق السماوات والأرض واختلاف الليل والنهار لآيات لأولي الألباب..." ، " والسماء والطارق" ، "إنا زينا السماء الدنيا بزينة الكواكب" إلى غير ذلك من الآيات الكثيرة الموجودة في ثنايا القرآن الكريم ، وقد قام المسلمون بترجمة كتب الأمم السابقة ثم قاموا بتنقيحها وتصحيحها، ونراهم قد درسوا الكثير من مجموعات النجوم من حيث الحركة والموقع ، ووضعوا ذلك في كتب تضمنت جداول ومعلومات فلكية أسموها الأزياج وكانت تعد من مفاخر الأمراء والسلاطين. ومن يدرس بالتفصيل الأعمال الفلكية التي قدمها علماء المسلمين والإضافات البارزة التي أضافوها إلي علم الفلك سيجد أنهم قد وضعوا الكثير من الأسس والقواعد الفلكية المهمة بل إنهم برهنوا أهم فكرة يستند عليها علم الفلك في العصر الحديث وهي دوران الأرض والكواكب حول الشمس وغيرها من المسائل التي يدعي الغرب أنها من أعمال علمائهم في فترة النهضة الأوروبية الحديثة وسنترك تفاصيل دورهم في علم الفلك لنشرحه بالتفصيل في الباب التالي .

أما في الحضارة الحديثة والتي نعيشها اليوم فقد تقدمت الدراسات الفلكية وتشعبت دروب العلم في الفلك فهناك فيزياء الشمس ودراسات خاصة بالكواكب والتي أصبحت معلوماتنا عنها في الوقت الحالي ثرية جدا ، أما النجوم فقد تبلور لدينا تفاصيل كثيرة عن نشأتها وتطورها وأنواعها وتجمعاتها . وبعد أن استطاع الإنسان أن يطور من طرق الرصد بشكل هائل ، أصبحت لدينا القدرة علي رصد المجرات والتعرف عليها بشكل أكثر دقة من ذي قبل. ولذلك نستطيع أن نقول بإيجاز إن الحضارة الحديثة نجحت في التعمق في دراسة الكون للتعرف علي مافيه من تجمعات هائلة ولمحاولة فهم تطوره و مستقبله. كما أصبحنا نفهم الكثير من القوانين التي تحكم النظم الفلكية المختلفة ، ولا يخفي علي أحد نجاح الإنسان في ارتياد الفضاء ، وتجول مركبات الفضاء بين كواكب المجموعة الشمسية وهو يعد بحق تقدما كبيرا في فهم القوانين الطبيعية وتطورا هائلا في الناحية العملية والتكنولوجية .

أهمية علم الفلك :

لأن الفلك من أقدم العلوم لذا فإن له آثارا عديدة في مختلف العلوم نذكر منها مايلي :

١- إن الأرصاد الفلكية لحركات الكواكب ظاهريا بين النجوم حيرت الباحثين في تفسيرها فترة طويلة من الزمان. ثم بدأ في فهمها علماء المسلمين "كابن الشاطر" وغيره ، ثم صيغت بعد ذلك في قوانين عرفت بقوانين "كبلر " و"نيوتن " بالإضافة لقانون الجاذبية العام . هذه القوانين كانت من الأسباب التي ساعدت على إحداث ما نحن فيه من تقدم واسع.

٢- معظم القواعد الرياضية والهندسية التي يستعملها مهندسو اليوم طورت في البداية لتخدم مسائل فلكية.

٣- يمثل اختراع التلسكوبات نقطة تحول مهمه في علم البصريات.

٤- علم الطيف ودراسة الأشعة الصادرة من الأجسام له أهميته في علوم متعددة علي رأسها الفلك.

٥- لا تخفي أهمية الفلك الكروي في أعمال الهندسة الملاحية ، والملاحة البحرية والجوية لتحديد الإحداثيات الجغرافية وتعيين الاتجاهات بالاستعانة بخريطة السماء.

٦- عملية تعيين الزمن وضبطه تعتبر واحدة من مهام المراصد الفلكية .

٧- بعد أن عرف الإنسان الطاقة النووية وأدرك دورها في الشمس حاول تقليد النموذج الجيد الذي رآه في الشمس ليستخرج الطاقة بشكل آمن علي سطح الأرض.

٨- إن دور الأقمار الصناعية في دنيا الناس اليوم لا يخفي علي أحد ، وبداية الأمر أن الإنسانية فهمت القوانين التي تحكم مدارات الكواكب ومن ثم وضعوا الأقمار الصناعية لتدور حول الأرض في مدارات ، وفعلوا نفس الأمر مع مركبات الفضاء الأخري.

٩- بالنسبة للمسلمين تبرز أهمية أخري لعلم الفلك ، وهي تكمن في دقة حساب مواقيت الصلاة وتحديد أوائل الشهور العربية. هذا بالإضافة لما يقدمه علم الفلك من مادة مهمة لإثراء عملية فهم الإنسان وإدراكه لآيات الله في كونه.

فروع الفلك:

لقد اتسعت دائرة الدراسات الفلكية شأنها شأن غيرها من العلوم ، ويمكننا تقسيم الفلك إلى الفروع التالية : الفلك الكروي وهو يدرس حركة الأجرام وتوزيعها في الكرة السماوية ، ثم الميكانيكا السماوية والتي تعالج حركة الأجسام وتأثيرها على بعضهاالبعض ، وباستخدام الميكانيكا السماوية استطاع العلماء الاستدلال علي مواقع كلا من "نبتون وبلوتو" . كما أن دراسة حركة الأقمار الصناعية من صميم دراسات الميكانيكا السماوية ، والفلك الفيزيائي والذي تشعب في الدراسات الفلكية الحديثة وتنوعت فروعه ومن فروعه المجموعة الشمسية ، والشمس ، والنجوم بأنواعها المختلفة ، وقصة حياتها منذ أن تتكون وحتى تصل إلى مرحلة الموت والفناء، ومن فروعه كذلك دراسة مادة ما بين النجوم والحشود النجمية والمجرات وحشودها وعلم الكون، وبالطبع تداخلت علوم أخرى مع علم الفلك لتحاول التعرف علي ما في الكون وسبر أغواره ، فظهرت كيمياء الفلك وبيولوجيا الفلك والفلك النسبي إلى غير ذلك من التشعبات التي ساعدتنا بلا شك في التعرف علي الكثير من الآيات الكونية لنقرأ فيها أيات الله في كونه الفسيح وندرك شيئا من عظيم قدرته في كونه،الكتاب المشاهد والحمد لله الذي "علم الإنسان مالم يعلم" . بل وينبغي أن نردد قوله تعالي " الحمد لله الذي خلق السموات والأرض وجعل الظلمات والنور ثم الذين كفروا بربهم يعدلون" صدق الله العظيم .

ملخص

١- علم الفلك هو علم دراسة المادة في الكون .

٢- تمثل دائرة البروج مدار الأرض السنوي حول الشمس .

٣- تظهر السماء باللون الأزرق لكفاءة جزيئات الهواء في تفريق الطيف الأزرق أكثر من غيره .

٤- يزداد التفريق للون الأحمر عند الشروق والغروب لكثافة الهواء عند الأفق .

٥- مجرة درب التبانة هي مجرتنا وتقع شمسنا علي أحد أذرعها.

٦- السحب البين نجمية هي مهد النجوم .

٧- تتجمع النجوم في حشود داخل المجرات كما تتجمع المجرات في حشود منتشرة في أنحاء الكون.

٨- أثرت الحضارات المختلفة في علم الفلك .

٩- للفلك تأثير علي شتي العلوم الأخري كما أنه في حاجة إليها.

١٠- تشعبت فروع الفلك في العصر الحديث .

أسئلـــة الباب الأول

أجب بصح أو بخطأ ثم صوب الخطأ :

١- عبد اليونانيون الكواكب السبعة .

٢- دراسة الحشود النجمية من فروع الفلك الفيزيائي .

٣- الأرصاد الجوية أحد فروع الفلك .

٤- دائرة البروج تمثل حركة الأرض حول الشمس .

٥- السحب بين النجمية تختلف عن السحب الموجودة في غلاف الأرض .

٦- قاس المصريون القدماء طول السنة .

٧- دراسة الأقمار الصناعية من فروع الفلك الفيزيائي .

٨- تعاقب الليل والنهار ناشيء من حركة الأرض حول الشمس .

٩- علم الكون يهتم بدراسة أنواع النجوم .

١٠- درب التبانة عبارة عن حشد من النجوم .

أجب عن الأسئلة التالية :

١- كيف فرق الأقدمون بين النجوم والكواكب ؟

٢- اذكر اثنين من آثار علم الفلك على العلوم الأخرى.

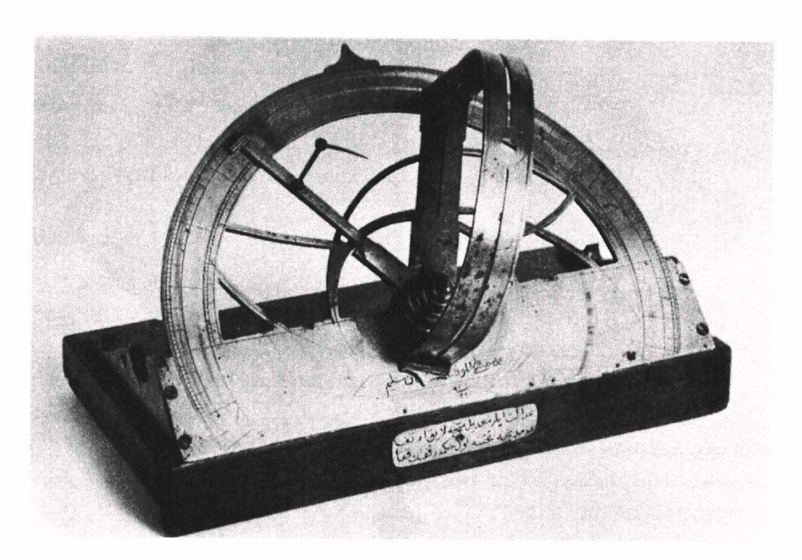
٣- اذكر ثلاثة من شعب الفلك الفيزيائي .

الباب الثاني

تطوّر علم الفلك
على يد علماء المسلمين

الباب الثاني
تطوّر علم الفلك
على يد علماء المسلمين

أنشأ أولغ بيك مرصد سمرقند سنة ١٤٢٨ ميلادية، وهو أحد عجائب الدنيا بعمرانه ومعداته. (ولد سنة ١٣٩٣ ميلادية).



شكل (٢-١) دائرة المعدل وقد استخدمها علماء المسلمين في معرفة الوقت.
وهذه الآلة صنعت في تركيا سنة ١٢٠٤ هجرية في عهد السلطان سليم الأول

مقدمــــة:

إن التراث العلمي الذي خلفه لنا اجدادنا يتسم بالشموخ والعمق في نفسه ، وهو تراث يستحق منا كل اهتمام ليس فقط من باب معرفة ماقدموه للإنسانية بل أيضا لأننا في حاجة لمعرفة طرقهم في بناء العلم ومنهجهم في البحث العلمي.

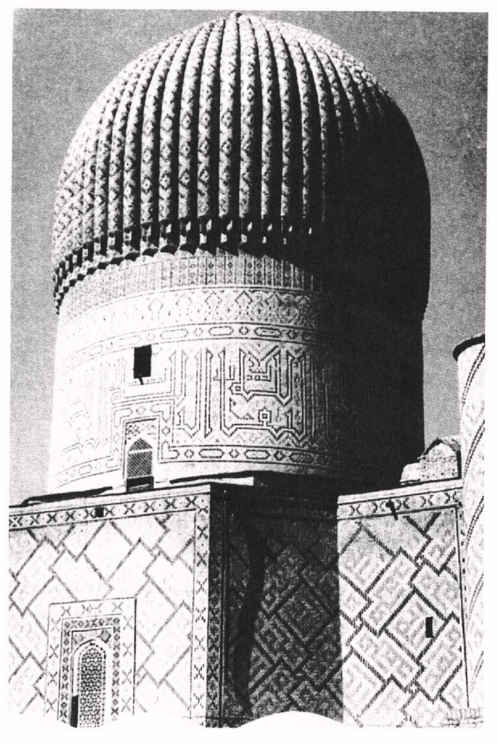
ولقد نشأنا ونحن نعلم أن العلوم كلها غربية المنشأ وكأن أجدادنا لم يهتموا إلا بعلوم الدين وأهملوا غيرها فلم يظهر لهم إنتاج علمي يذكر، بل لقد ذهب بعض علماء الغرب الى ابعد من ذلك حيث قالوا إن علماء العرب والمسلمين لم يكونوا سوى نقلة لعلوم اليونان . وهذا مما لاشك فيه إجحاف بدور علمائنا الأجلاء . ولكن السؤال الموجه لنا نحن أبناءالحضارة الإسلامية : هل نعلم حقيقة حدود وتفاصيل ماقدمته هذه الحضارة من علم للإنسانية ؟ للأسف الشديد أن الدراسات الموجهه لمخطوطاتهم لم تصل بعد إلى الحد الذي يكشف لنا تفاصيل ماكتبوه وكثير من معلوماتنا التي نعرفها عما قدموه من جهد أخذناها من كتب غربية المصدر . إننا بحاجة لأن يكون هناك فرق من علماء التخصصات العلمية المختلفة من طب ورياضيات وفلك وفيزياء وكيمياء وأحياء وغير ذلك كل في مجال تخصصه تدرس أعمالهم وتعرضها على معرفتها العلمية لتبني لنا وجهة نظر المتخصص في تقدير أعمالهم و مقدارها ودورها في التقدم العلمي والحضاري بشكل محدد واضح. نريد اناسا يشغلون أنفسهم بمحاولة دراسة أعمال علماء المسلمين بشيء من التحليل والدراسة ليبرزوا لنا مدى تأثيرها على العلوم الحديثة و أهميتها بالنسبة للحضارة الحالية .

لقد تبين لنا أثناء دراستنا لدورهم وأعمالهم في علم الفلك أن أعمالهم تتميز بأصول نري آثارها البارزة على فهمنا الحديث لعلم الفلك وهذا ماسنحاول أن نبرز بعضه هنا .

الفلك والقرآن:

يرتبط الفلك بالدين الإسلامي الحنيف ارتباطا وثيقا فالآيات القرانية التي تشير إلي السماء والكون كثيرة ومتعددة مما يلفت انتباه المسلمين ويحثهم علي النظر إلي السماء ومحاولة سبر أغوار الكون فنجد مثلا في قوله تعالي: "إن في خلق السموات والأرض واختلاف الليل والنهار لآيات لأولي الألباب ". إلي آخر الآية حثا للمسلم علي التفكر في عملية خلق السماوات إلي غير ذلك الكثير من الآيات التي نجدها منتشرة في ثنايا القران الكريم وتحث المسلم علي فهم الكون من حوله . كما أن عبادات المسلمين مرتبطة بحركتي الشمس والقمر مما يدعو إلي دراسة علم الفلك لضبط الوقت وبالتالي ضبط مواقيت العبادات . وقد بذل المسلمون جهدا كبيرا في وضع قواعد لضبط مواقيت الصلاة كما استنتجوا طرقا لحساب بداية الشهور العربية ومن ثم ضبطوا التقويم الهجري كما أجروا التجارب العلمية لحساب خطوط الطول والعرض لشتي المدن الإسلامية الشهيرة وغير ذلك الكثير مما تذخر به الدراسات الفلكية والتي اهتم بها علماء المسلمين .

التأثر اللغوي عند الغرب :



شكل (٢-٢) مرصد سمرقند شاهد على عصر الحضارة الإسلامية وقد بناه أولوغ بك أمير سمرقند في القرن التاسع الهجري وقد قاد العالم الجليل صلاح الدين قاضي زادة العمل بهذا المرصد.

لقد إنطلقت الحضارة الغربية بعد استيعابها وفهمها لمفردات وأفكار الحضارة الإسلامية والأسس التي أدت إلي نهضة المسلمين . والذي يقرأ في تاريخ تطور العلوم ، سيتضح له مدي اهتمام الغرب وتأثره العلمي واللغوي بالحضارة الإسلامية. وباعترافات الكثير من الغربيين فإنه لولا فضل التقدم الحضاري الإسلامي وعمقه ما كان للحضارة الحديثة أن تكون في تقدمها الحالي ، وقد مدح بعض المستشرقين الأعمال الفلكية التي قدمها علماء المسلمين . يقول "جورج سارتون " في كتابه(المدخل لتاريخ العلوم): إن البحوث التي قام بها علماء العرب والمسلمين في حقل الفلك كانت مفيدة للغاية ، إذ أنها هي بالحقيقة التي مهدت الطريق للنهضة الفلكية الكبري التي ازدهرت في عهد كبلر وكوبرنيك. ويقول "شكات "في كتابه(تاريخ الرياضيات) : كانت قياسات علماء العرب والمسلمين في الفلك إلى حد كبير أصح من قياسات اليونان ، ومما يجدر بالذكر هنا أن طول السنة الشمسية الذي حسبه العالم المسلم البتاني اختلف عن الحقيقة بأقل من ثلاث دقائق .

وبرغم ما ورد في مقولات علماء الغرب من مدح لجهود علماء المسلمين إلا أن دورهم في الحقيقة كان أكبر بكثير مما قيل عنهم كما سنبين ذلك بالتفصيل في هذا الباب. ولو نظرنا لتجمعات النجوم وكثير من الألفاظ الفلكية لوجدنا أن الغربيين نقلوا الأسماء العربية للنجوم إلى لغاتهم بألفاظها . لقد دخل علي لغتنا العربية في العصر الحديث الكثير من الألفاظ الإنجليزية وأصبحنا نستخدم الكثير من الألفاظ العلمية والمنطوقة باللغات الأجنبية في حياتنا اليومية بل ويتداولها الناس في شتي دروب

الحياة ، فنحن متأثرون لغويا وحضاريا بما لدي الغرب من تقدم علمي . ونفس هذه الصورة وتلك المشاعر التي تتملكنا اليوم من إحساس بتقدمهم ونهضتهم كانت تملأ نفوس الغرب في العصور الوسطي حيث كانوا متخلفين وكانت الدولة الإسلامية قوية علميا وحضاريا ولذلك اهتموا بتعلم اللغة العربية وعكفوا علي دراسة ما ذخرت به مكتباتنا العربية من نفائس الكتب في شتي فروع العلم ، ولقد كانوا في تخلفهم يعيشون في همجية شرسة . ولسنا هنا في معرض الكلام عن سلوكياتهم بقدر ما نركز عليه من توضيح فكرة تأثرهم بالحضارة الإسلامية . فقد كانت اللغة العربية هي لغة العلم وكل من يريد أن يتعلم فعليه أن يقبل علي دراسة اللغة العربية أولا ، وعلماء المسلمين لم يكونوا جميعا من أبناء العرب ، فالدولة الإسلامية حوت أبناء لغات مختلفة ورغم ذلك فجميع العلوم كتبت بلغة العلم وهي اللغة العربية ، ولذلك بدا تأثر الغرب باللغة العربية في فترة نقلهم العلوم عن المسلمين واضحا وجليا ، فأخذوا النظام العربي في كتابة الأرقام وفي عملياتهم الحسابية ، كما أدخلت في لغتهم الكثير من الألفاظ العربية والجدول التالي يبين بعض الألفاظ الفلكية الشهيرة والتي كتبت بلفظها العربي تقريبا بلغتهم اللاتينية (مع بعض التحريف أحيانا كي يسهل عليهم نطقها) ومن ثم أدخلت هذه الألفاظ إلي لغاتهم الأوروبية الحديثة .

والكلمات التي وضعت في الجدول اللاحق هي علي سبيل المثال لا الحصر، فقد أدخلت في لغاتهم ألفاظ عربية أكثر من ذلك بكثير ، والتأثر اللغوي ما هو إلا نتيجة من نتائج محاولاتهم تتبع أسلوب ومنهج الحضارة الإسلامية ، ونجدهم قد أخذوا نمط وأسلوب الحياة العلمية عند المسلمين والمعمار الإسلامي والقوانين ومنهج البحث العلمي عند المسلمين . وكل ذلك يمكن ملاحظته بشكل واضح لو أمعنا النظر في كيفية بنائهم لحضارتهم وطريقة تطورهم في أفكارهم وهذا شئ طبيعي ، فالحضارات رغم فواصل اللغات والبعد المكاني تتمازج وتتناقل وهذا كله يجعل الإنسانية تمسك بتلابيب الحضارة جيلا بعد جيل ويتناقلونها بينهم ، وكل من يملك أسباب الحضارة يتقدم وكل من يهمل نواميس الله في كونه يتخلف ليتحقق في أبناء كوكب الأرض قول الله عز وجل : «وتلك الأيام نداولها بين الناس» .

جدول (٢-١) بعض الألفاظ العربية التي دخلت في اللغات الأوروبية

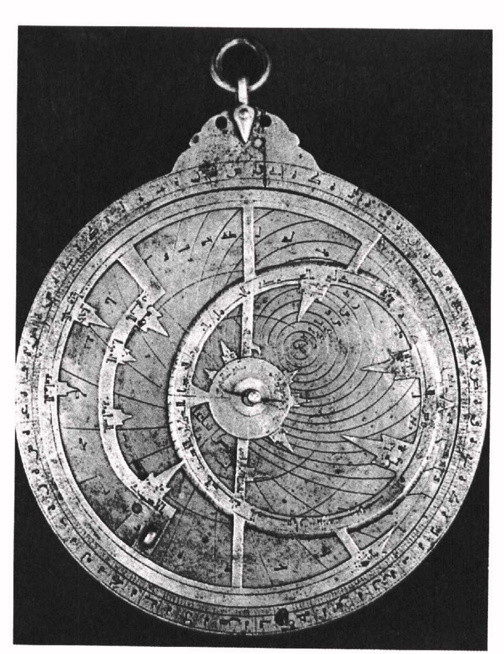
الكلمة العربيـــــة	الكلمة الانجليزية
آخر النهر	achernar
العقـــرب	acrab
العذارى	adara
جنب القوس ، جناح القوس	algenib
جبهة الأسد ، جما الأسد	algieba, algeib
رأس الغول	algol
العضادة	alidad
المقنطـــر	alamcantar
المريء	almury
المعتز	almuten
النصل	alnasl
الفرد ، قلب الشجاع	alphard
سرة الفرن	alpherat -alpheratz (called rarely sirrah)
النسرالطائر ، نيرالعقاب	altair
أوج	auge
السماك الأعزل	azimeck
السمت	azimuth
القائد : قائد بنات نعش	benetnash (alkaid)
منكب الجوزاء ، يد الجوزاء	belelgeuze
ذنب الجــدي	deneb algedi
فم الحوت	fomal haut
هيلاج	heyleg
الكفة الجنوبية	Kiffa australis
الكفة الشمالية	Kiffa borealis
مركب القوس	markab
نظير السمت	nadir
رجل الأسد	regulus
رجل الجبار	rigel
النسر الواقع	vega- wega
سمت الرأس	zenith

أجهزة الرصد التي صنعها المسلمون:

اخترع المسلمون ثلاثة أنواع من أجهزة الأسطرلاب : الكروي والمستوي والخطي كما تنوعت أشكال آلات الأسطرلاب وذلك لاستعمالها في أغراض فلكية مختلفة ومن هذه الأغراض :

١- قياس ارتفاعات الكواكب عن الأفق ومواقع النجوم وأغراض فلكية أخري .

٢ – تعيين الزمن.



شكل (٢-٣)
صورة لأحد أجهزة الاسطرلاب التي صنعها المسلمون لأغراض فلكية مختلفة

ومن أشهر آلات الرصد والمعروفة باسم الإسطرلاب نذكر منها:

١- ذات الأوتار وهي تتكون من أربع اسطوانات وتستخدم في معرفة تحول الليل كما أنها تغني عن الحلقة الاعتدالية.

٢- ذات الحلق وتتكون من خمس حلقات متحدة من النحاس وهي: دائرة نصف النهار و دائرة منطقة البروج ودائرة العرض ودائرة الميل ودائرة سمت الكواكب.

٣- ذات الشعبتين لقياس الارتفاع.

٤- ذات السمت والارتفاع وهي نصف حلقة تستخدم في معرفة السمت والارتفاع..

٥- ذات الجيب وتشبه ذات الشعبتين.

٦- المشبهة بالناطق وتستخدم في قياس البعد بين الكواكب ٠

وكان الإسطرلاب يتكون من عدة دوائر أهمها مايلي:

١- اللبنة وتستعمل في حساب الميل وأبعاد الكواكب ٠

٢- الحلقة الاعتدالية وهي حلقة يعلم بها التحول الاعتدالي.

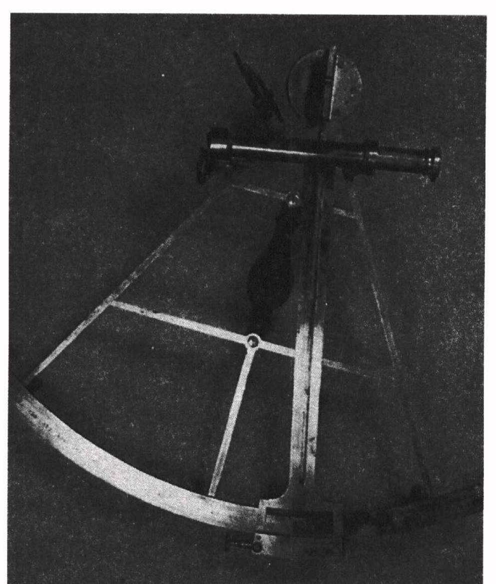
٣- دائرة معدل النهار.

٤- دائرة منطقة البروج.

٥- دائرة العرض.

٦- دائرة الميل.

ومما سبق يتضح أن المسلمين قد تفوقوا في صناعة الإسطرلاب وطوروه كثيرا فأصبح يتكون من عدة أجزاء وله استعمالات متعددة كقياس ارتفاع النجوم والاتجاه والموقع والأبراج وحركة الكواكب ومعرفة اتجاه القبلة في الليل أو النهار وغير ذلك الكثير . هذا بالإضافة لأجهزة حساب الزمن ومن أهمها المزولة الشمسية والرقاص .



شكل (٢-٤) جهاز السداسي والذي اخترعه المسلمون لقياس الأبعاد النسبية للنجوم ومازال هذا الجهاز يستخدم حالياً في أغراض علمية مختلفة منها على سبيل المثال في المساحة الجيولوجية وبعض الحسابات الفلكية.

أهم المراصد التي بناها المسلمون:

بنى المسلمون مراصد كثيرة مما يؤكد اهتمامهم الشديد بالرصد الفلكي. وفيما يلي أهم المراصد التي وصلت لدينا معلومات عنها:

١ - مرصد حي الشماسية في بغداد وقد دام سبعة قرون ، بالإضافة لعدة مراصد أخرى في بغداد.

٢ - مرصد جبل قاسيون بدمشق .

٣ - مرصد سامراء وكانت بهذا المرصد آلة كبيرة عليها صور التجمعات النجمية وكانت تدار بواسطة القوة المائية بحيث تتحرك مع حركة النجوم ، فكلما غاب نجم في السماء اختفت صورته على الآلة .

٤ - مرصد إنطاكية (بناه البتاني) .

٥ - مرصد جبل المقطم بالقاهرة .

٦ - مرصد أصفهان .

٧ - مرصد ابن الشاطر في الشام .

٨ - مرصد مراغة بأذربيجان.

٩ - مرصد أولوغ بك في سمرقند .

وتوالى إنشاء المراصد في مدن كثيرة من أنحاء العالم الإسلامي ، كما أنشئت مراصد خاصة في قصور بعض الأمراء والحكام .

من أبرز علماء الفلك المسلمين:

لقد كان علم الفلك من العلوم التي حازت اهتمام كثير من العلماء . ولو أردنا أن نحصي أسماء الذين عملوا في الفلك لأصابنا الجهد من كثرتهم ولكن نذكر فيما يلي بعض علماء الفلك المسلمين ممن عاشوا في قرون مختلفة ، والذين كان لهم دور بارز في تطوير علم الفلك :

١ – الخوارزمي عمل زيجاً سماه "السند هند الصغير" .

٢ – الحاسب وقد لقبه البيروني بالحكيم حسن.

٣ – أبو إسحاق الفزاري وهو أول من صنع إسطرلابا في عهد المنصور .

٤ – البتاني ولد عام ٢٣٥ هـ وله أعمال فلكية كثيرة .

٥ – الكندي المتوفى سنة ٢٦٠ هـ وله مؤلفات عدة تقرب من ٢٣٠ مؤلفا.

٦ – أبو الحسن الصوفي (طهران) ولد عام ٢٩١ هـ .

٧ – أبو الوفاء (خراسان) ولد عام ٣٢٨ هـ .

٨ – ابن يونس (مصر) ولد عام ٣٩٩ هـ .

٩ – الحسن بن الهيثم المتوفى سنة ١٠٣٨ هـ .

١٠ – أبو القاسم المجريطي (مدريد) ولد عام ٣٩٨ هـ .

١١ – البيروني (بيرون – بتركستان) ولد عام ٤٤٠ هـ .

١٢ – أبو سهل الكوهي توفى عام ٤٠٥ هـ.

١٣ – أبو إسحاق إبراهيم بن عيسى النقاش المعروف عند الغربيين بابن الزرقالي (الأندلسي) ولد عام ٤١٩ هـ .

١٤ – أبوالصلت أمين بن عبدالعزيز بن أبي الصلت المتوفي سنة ١١٣٣م .

١٥ – ابن الشاطر (دمشق) ولد عام ٧٠٤ هـ .

١٦ – أولغ بك المولود في سنة ١٣٩٣م أنشأ مرصدا بسمرقند امتاز بآلاته الكبيرة.

١٧ – صلاح الدين قاضي زاده (تركيا) ولد عام ٧٥٠ هـ .

١٨ – تقي الدين محمد بن زين الدين ولقب بالراصد لشدة عنايته ومعرفته بالرصد ، ولد في القاهرة سنة ١٥٢١ م وله مؤلفات عدة .

١٩ – العاملي وقد توفى ١٦٢٠ م .

٢٠ – رضوان الفلكي المتوفى سنة ١٧١٠ م .

أهم الأعمال الفلكية التي قدمها علماء المسلمين:

فيما يلي نبين أهم الأعمال العلمية التي استطاع علماء المسلمين إنجازها وسيتبين من خلال عرض هذه الأعمال مدى عمق الثروة الفلكية التي قدمها علماء المسلمين وليصبح جليا مدى إسهامهم في تطوير علم الفلك .

١ – نقل العرب المؤلفات الفلكية وغيرها من الأمم التي سبقتهم وصححوا بعضها ونقحوا بعضها الآخر.

٢ – عرفوا أصول الرسم على سطح الكرة ،وعليها رسموا المثلث الكروي وهو مثلث أضلاعه كرية.

٣ – أوجدوا بطريقة علمية طول درجة من خط نصف النهار أو ما نعرفه بخط الزوال و هو الخط الذي ينصف الفترة من الشروق إلى الغروب إلي نصفين متساويين ، وقسموا فترة النهار إلي درجات.

٤ – قدموا الأدله على استدارة الأرض ودورانهاحول محورها .

٥ – عملوا الأزياج الكثيرة العظيمة النفع ، والأزياج جمع زيج وهو عبارة عن كتاب يحوي جداول فلكية لمواقع النجوم والكواكب وحركاتها وكذلك يوضع في هذه الجداول كل ما يتم رصده من أرصاد فلكية عن الكسوف والخسوف إلى غير ذلك ، ومازال الفلكيون إلى يومنا هذا يعملون الشئ نفسه حيث يضعون المعلومات المهمة عن النجوم والمجرات في جداول فلكية توضع في المراصد للاستعانة بها في أعمال الرصد.

٦– ضبطوا حركة أوج الشمس وتداخل فلكها في أفلاك أخرى .والمقصود بتداخل فلكها في أفلاك أخرى أي تأثير حركتها على حركة الأجسام الأخرى فمثلا الأرض تدور حول الشمس والقمر يدور في نفس الوقت حول الأرض فيظهر تأثير مجموع حركتي الأرض حول الشمس ، والقمر حول الأرض على حركة القمر الظاهرية وبالطبع فإن إدراكهم لما نسميه اليوم بالحركة النسبية وقدرتهم في فصل حركة القمر حول الأرض عن حركة الأرض حول الشمس لدليل واضح على مدى العمق في فهمهم لكلا الحركتين.

٧ – حسبوا الخلل في حركة القمر (البوزجاني) كما حاولوا تحديد تعاقب السنوات القمرية الكبيسة (٣٥٥ يوم بدلا من ٣٥٤ يوم) وذلك خلال دورة زمنية تقدر بثلاثين سنة قمرية . وهذه تعد واحدة من المسائل الفلكية الصعبة والمهمة في الوقت نفسه فحركة القمر في مداره حول الأرض ليست بسيطة وإنما تختلف من شهر لآخراختلافا طفيفا وهو ما يعرف بالخلل في حركة القمر. فلم يعرف المسلمون أن القمر يتحرك حول الأرض فقط بل إنهم ذهبوا لما هو أعمق من ذلك حيث وضعوا معادلة لحساب حركة القمر حول الأرض وأسموها معادلة السرعة. وبالمناسبة فإن لفظ خلل في حركة القمر لا يشير إلى خلل حقيقي في حركته فليس هناك من خلل بمعنى عيب في حركة القمر ولكن القانون البسيط الذي يحكم حركة الكواكب حول الشمس لا يحكم حركة القمر ، فحسب قانون كبلر الثالث يتحرك أي كوكب حول الشمس في فترة زمنية ثابتة ، والقمر يختلف في حركته عن ذلك تغيرا طفيفا وهذا ما نعبر عنه بالخلل في حركته .

٨ – صنعوا وطوروا أشكالا عدة لآلة الإسطرلاب .

٩ – رصدوا الكواكب السيارة والنجوم (الثوابت) . ونعني بالكواكب السيارة أنها تظهر بحركة أسرع من الحركة الظاهرية للنجوم ، فحركة النجوم كما نراها تعبر عن حركة الأرض حول الشمس ، وحيث أن الكواكب تتحرك كذلك حول الشمس فإن حركتها تختلف عما نشاهده من حركة للنجوم بحيث تغير الكواكب مواقعها بين النجوم بشكل مستمر وقد لاحظ السابقون ذلك فأطلقوا على الكواكب لفظ السيارة وعلى النجوم لفظ الثوابت.

١٠ – أولوا اهتماما بالغا لدراسة التقويم الزمني لارتباطه الوثيق بعلم الفلك ، ومازال حساب الزمن من أحد المهام التي تقوم بها المراصد ليومنا هذا .

١١ – حسبوا أوقات كسوف الشمس وخسوف القمر .

١٢ – حسبوا محيط الكرة الأرضية بدقة تقرب ممانعرفه اليوم ، وبالطبع دقتهم في حساب محيط الأرض تدل على أن درايتهم بكروية الأرض كانت شيئا بدهيا ، وإلا لكانت حساباتهم لمحيط الأرض بعيدة عن الحسابات الصحيحة فحساب المحيط لجسم كروي غير حسابه لسطح مثلا.

١٣ – حددوا البروج وهي منازل الشمس والقمر في اثني عشر شهرا لكل شهر برج ، بحيث تسير الشمس في كل برج منها شهرا واحدا ويسير القمر في كل برج منها يومين وثماني ساعات ثم يستتر ليلتين في كل شهر.

١٤ – رسموا خريطة السماء في الفصول المختلفة فمواقع النجوم تتغير من وقت لآخر بسبب حركة الأرض حول الشمس ولذلك يتم رسم أربع خرائط لتجمعات النجوم على مدار السنة .

١٥ – انشأوا علم الجبر وطوروا علم المثلثات وغيرهم من فروع الرياضيات بهدف خدمة علم الفلك.

١٦ – برهنوا على أن الشمس هي مركز الكون وليست الأرض .وهذا لفظ ما كتبوه فالشمس ليست مركز الكون ولكن مقصدهم من ذلك أن الأرض هي التي تدور حول الشمس وليس العكس بمعنى أن الشمس هي المركز الذي تدور حوله الأرض وبقية الكواكب ، بل الأكثر من ذلك أنهم عرفوا أن مدار الأرض حول الشمس ليس دائريا بل إهليجي بحيث تكون الأرض قريبة من الشمس أحيانا وتكون بعيدة عن الشمس في أحيان أخرى وهذه الفكرة هي بعينها ما تعبر عنه كتب الفلك بقانون كبلر الأول.

١٧– ابتكروا الهندسة التحليلية وطوروا علم الهندسة كما حلوا المعادلات المكعبة بالأنظمة الهندسية واخترعوا كذلك الملاحة الجوية .

١٨– وصفوا حركة الكواكب حول الشمس والقمر حول الأرض . قال السيد زجاني : إن فلك القمر هو أصغر الأفلاك وذلك دليل واضح على معرفتهم بأن القمر له مدار يتحرك فيه حول الأرض . كما أن هذا النص يبين بلا أدنى شك درايتهم بقرب القمر من الأرض وأنه أقرب الأجرام إلينا.

١٩– حسبوا ميل دائرة البروج بدقة عالية تختلف بثوان عما نعرفه اليوم . وحتى نعرف مدى عمق هذه الحسابات فإننا بحاجة أن نعرف أولا ما معنى ميل دائرة البروج . فإن دائرة البروج وهي كما ذكرت آنفا تمثل مدار الأرض حول الشمس يمكن أن نعبر عنها بمستوى نسميه مستوى

دائرة البروج أو مستوى دوران الأرض حول الشمس وهذا المستوى يميـل على مستوى دوران الأرض حول نفسها والممثل في خط الاستواء بزاوية تعرف بميل دائـرة البروج أو كما نعرفها حديثا بميل المحورين أي الزاوية بـين محوري دوران الأرض حـول الشمس وحول نفسها . ومن ذلك يتضح أنهم عرفوا أن الأرض تدور حـول نفسها وحول الشمس في مستويين غير متطابقين وحسبوا الزاوية بين هذين المستويين بدقة عالية كما سنرى ذلك بالتفصيل في أعمالهم.

٢٠ - قاسوا أحجام الكواكب وأبعادها .

٢١ - تعرفوا على مبادئ اللوغاريتمات

٢٢ ـ كانوا أول من فكر في قوة الجاذبية وقاموا ببعض التطبيقات على الجاذبية. من ذلك تفسير ثبات المسطحات المائية وطبقات الهواء حول الأرض بسبب الجاذبية.

وبعد أن شرحنا أهم ما قدموه من أعمال تعالوا لنقترب من بعض مشاهير علماء الفلك لنتعرف عليهم عن قرب ولنتلمس من سيرتهم العلمية مدي النهضة العلمية التي كانوا عليها .

البتـــانـي

هو عبدالله محمد بن جابر بن سنان البتاني : ولد في بتان علي نهر الفرات في سنة ٢٣٥ هجرية (٨٥٠ ميلادية) وقد توفي سنة ٣١٤ هـ . وهو يعد من أعلام الفلك فقد أنشأ مرصدا عرف باسمه ، وألف جداول تبين حركات الكواكب والنجوم ومنها يمكن حساب التقويم ، وضعها في كتاب أسماه الزيج الصابيء وكانت أرصاده وحساباته على مستوى كبير من الإتقان والدقة ، كما أنه أدلى بدلوه في تطوير الآلات الفلكية المستخدمة في عمليات الرصد . يقول في أحد كتبه واصفا علـم الفلك : إن من أشرف العلوم منزلة وأسناها مرتبة وأحسنها حلية وأعلقها بالقلب وألمعها بالنفوس وأشدها تحديدا للفكر والنظر وتزكية للفهم ورياضة للعقل بعد العلم بما لايسع الإنسان جهله من شرائع الدين وسنته «علم صناعة النجوم».

ومن الناحية العملية نجد أن البتاني قد درس أبعد نقطة بين الشمس والأرض وبالتالي حسب طول السنة الشمسية فكانت تختلف عما نعرفه اليوم بمقدار دقيقتين و ٢٢ ثانية فقط مما يدل على دقته العالية (طول السنة الشمسية كما نعرفه اليوم هو ٣٦٥ يوم ، ٥ ساعات ، ٤٨ دقيقة ، ٤٦ ثانية) وقد صحح كذلك قيمة الاعتدالين الصيفي والشتوي حسب ميل دائرة البروج على دائرة دوران الأرض فكانت ٢٣ درجة و ٣٥ دقيقة ، وهي تختلف بذلك عن القيمة الصحيحة بمقدار ٤ دقائق فقط، كما أنه حسب مواقيت كسوف الشمس وخسوف القمر ، وقد تمكن من إجراء أرصاد للنجوم لاتزال محل دهشة العلماء ومحط إعجابهم ، وقد استنتج في حساباته أن معادلة الزمن تتغير تغيرا بطيئا على مر الأجيال وهذا ماتؤكده الحسابات الحديثة .

ويعتبر البتاني أول من استخدم علم المثلثات في خدمة الفلك ، فقد طور نظريات الجيب كما ابتكر مفاهيم جيب التمام والظل وظل التمام وحسب ظتا أ من العلاقة

$$\text{ظتا أ} = \frac{\text{جتا أ}}{\text{جا أ}}$$

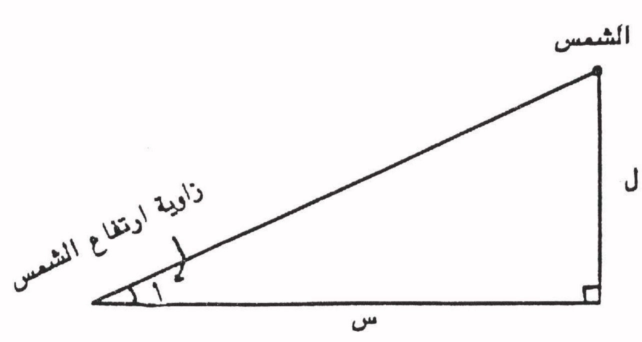
كما أنه استبدل بالحلول الهندسية التي كان اليونانيون يستخدمونها حلولا جبرية.

$$\text{مثــــلاً}\quad \frac{\text{جا م}}{\text{جتا م}} = \text{س}$$

ومن معرفة قيمة كل من س و جا م يمكن حساب قيمة الزاوية م . ولاشك أن إيجاد الزاوية بالطريقة الجبرية مدهشة للغاية وتدل على استيعابه التام لبحوث الهندسة والجبر والمثلثات معا .

وقد استخدم البتاني المثلث المستوي لمعرفة ارتفاع الشمس بالنسبة لمكان ما طول ظل الشمس فيه س؛ حيث ل يمثل مقدار ارتفاع المكان. ومن المثلث استنتج أن:

$$\text{ل} = \text{س}\ \frac{\text{حا (أ)}}{\text{حا (٩٠ - أ)}} = \text{س ظا أ}$$



شكل (٢-٥) طريقة البتاني في قياس زاوية إرتفاع الشمس

ومن أهم مؤلفاته:

(١) الزيج الصابئ
(٢) رسالة في علم الفلك
(٣) دائرة البروج والقبة الشمسية
(٤) تعديل الكواكب
(٥) كتاب في علم الفلك

هذا بالإضافة إلى مراجع أخرى. يقول ديفيد بوجين سمث في كتاب تاريخ الرياضيات :«نال البتاني شهرته العظيمة في تطويره لعلم الفلك ، وترجمت مؤلفاته إلى لغات أوروبية كثيــــرة».

ويوضح كرلو نللينو في كتاب علم الفلك – تاريخه عن العرب في القــــرون الوسطى : يشترط البتاني في التقدم في الفلك شرطين :

١ – التبــحر في نظرياته مع بذل الجهد في تقدمها واعتبارها ما يستخرج من علوم أخرى رياضية وطبيعية وكيميائية ٠

٢ – المثابرة على الأرصاد وإتقانها ٠

ومثل هذا الكلام يؤكد على أن الغرب لم يقفوا عند حد التعرف على أعمال علماء المسلمين بل نجده قد اهتم بدراسة المنهج العلمي عند المسلمين.

أبو الحسن الصوفي

ولد بالري بالقرب من طهران سنة ٢٩١ هـ وتوفي سنة ٣٧٦ هـ ٠ كان يمتاز بالنبل والذكاء ودقة أرصاده ؛ إذ أن كتابه في الكواكب الثابتة يعتبر أحد الكتب الرئيسية الثلاث التي كانت متداولة كمراجع فريدة في علم الفلك ، فقد رصد آلاف النجوم وقدر أحجامها وأماكنها بدقة فائقة تثير الإعجاب وقد قال: «إن كثيرين يحسبون عدد النجوم الثابتة (١٠٢٥) مع أنها أكثر من ذلك بكثير أما النجوم الخفية فإنها أكثر من ذلك بكثير»، وتمتاز مؤلفاته عن غيرها بالرسوم الملونة الواضحة وأسلوبه السهل وتوثيقه للمعلومات التي استند عليها ودقة التجارب التي قام بها ٠ ولاتخلو مكتبات الغرب من نسخة من مؤلفات أبي الحسن الصوفي في الفلك ومن بعض مؤلفاته :

(١) الكواكب الثابتة ٠

(٢) الأرجوزة في الكواكب الثابتة ٠

(٣) التذكرة ٠

(٤) مطارح الشعاعات ٠

(٥) العمل بالإسطرلاب ٠

(٦) صور الكواكب الثماني والأربعين ٠

وقد صحح المقاييس الفلكية القديمة وأسهم بأرصاده في تقدم علم الفلك التجريبي مما شجع الكثيرين على إنشاء المراصد الفلكية في جميع أرجاء الدولة الإسلامية ٠

أبو الوفـــاء

هو أبو الوفاء محمد بن عيسى بن إسماعيل بن العباس البوزجاني الحاسب عاش فيما بين ٣٢٨ – ٣٨٨ هـ ٠ ولد في بوزجان من أرض خراسان ٠ كان أحد أعضاء المرصد الذي أنشأه شرف الدولة في بغداد سنة ٣٧٧هـ وقد كان لبحوثه أثر كبير في علم الفلك والمثلثات وأصول الرسم ، كما أنـه من العلمـاء الذين مهـدوا السبيل لإيجاد الهندسة التحليلية ومن مشاهير الرياضيين في القرن

الرابع الهجري . وابتكر حلولا جديدة للقطع المكافىء . يقول فلورين كاجوري في كتابه (تاريخ الرياضيات) : إن أبا الوفاء أضاف إلى بحوث الخوارزمي إضافة مهمة جدا ولاسيما فيما يخص علاقة الهندسة بالجبر وذلك بحل بعض المعادلات الجبرية المهمة هندسيا

مثل س٤ = ج ، س٤ + جـ س٣ = ب ،

وقد قضى بعض وقته في دراسة مؤلفات البتاني في علم حساب المثلثات فعلق عليها وفسرالغامض منها ؛ كما أنه عالج الكسور بجميع أشكالها ، وهو يعتبر من أوائل العلماء الذين فصلوا علم حساب المثلثات عن علم الفلك ، وقد ابتكر حلا للمعادلة ذات الدرجة الرابعة وقد كان أبو الوفاء من الذين اهتموا بحركة القمر واختلافها من عام لآخر وقد اهتدى إلى معادلة مثلثية توضح مواقع القمر سماها معادلة السرعة ، وقد أطلق اسمه على فوهة بركان على سطح القمر تخليدا له .

ومصنفاته كثيرة وأغلبها في الرياضيات ولكن له في علم الفلك مؤلفات عدة نذكر منها :

١ – كتاب في الفلك

٢ – رسالة في حركة الكواكب

٣ – كتاب الزيج الشامل

٤ – رسالة في الأمور التي ينبغي أن يعرفها الدارس قبل التعرف على حركات الكواكب

٥ – رسالة في الأمور التي تعرض حركات الكواكب .

ابن يونس

هو على بن عبدالرحمن بن أحمد بن يونس الصدفي ، ولد في مصر وتوفى فيها في عام ١٠٠٩ ميلادية ، والده كان من أكبر المؤرخين وجده من أصحاب الإمام الشافعي ومن المتخصصين في علم الفلك . بنى له الخلفاء الفاطميون مرصدا على صخرة على جبل المقطم وجهزوه بأفضل آلات الرصد . رصد كسوف الشمس وخسوف القمر عام ٣٦٨ هـ (٩٧٧ – ٩٧٨ ميلادية) . كما أنه الف زيجا كبيرا في أربعة أجزاء سماه الزيج الحاكمي نسبة إلى الحاكم بأمر الله وضم في هذا الزيج جميع الخسوفات والكسوفات وجميع قرانات الكواكب التي رصدها القدماء والمحدثون ، وقرانات الكواكب أي وقوعها في وضع الاقتران وهو أن يختفي كوكب خلف القمر أو أن يختفي كوكب خلف كوكب آخر. كما أنه صحح ميل دائرة البروج وزاوية اختلاف المنظر للشمس ومبادرة الاعتدالين وقد قام بأرصاد كثيرة بحيث كانت له إضافات رائعة في رصد النجوم . وهو يعتبر من فحول علماء القرن الحادي عشر الميلادي . وقد ترجم زيجه إلى اللغة الفرنسية . وقد أظهر ابن يونس براعه كبرى في حل الكثير من المسائل العويصه في علم الفلك الكروي ، كما أنه خصص جزءا في كتابه لعلم جغرافية خطوط الطول والعرض .

وكثير من المؤرخين يعتبرون أن ابن يونس هو مكتشف علم اللوغارتيمات حيث إنه حول عملية الضرب إلى عملية جمع (في حين يقول الغربيون أن العالم الاسكتلندي جان نابيير هو مبتكر اللوغارتيمات) ٠

وفي اللوغاريتمات نقول أن :

لو(أ.ب) = لو(أ) + لو(ب)

أي أن لوغاريتم حاصل ضرب أ ، ب يساوي لوغاريتم أ مجموعا على لوغاريتم ب . كما أنه أمضى وقتا كبيرا في دراسة حركة الكواكب والتي قادته في النهاية إلى اختراع الرقاص (البندول) والذي احتاج إليه في معرفة الوقت أثناء رصد الكواكب وهذا يظهر خطأ وكذب علماء الغرب في ادعائهم أن جاليليو (١٥٦٤ - ١٦٤٢ ميلادية) هو مبتكر الرقاص ، وهناك دلائل كثيرة تدل على استعمال علماء الفلك المسلمين لبندول الساعة لحساب الوقت ، وكان اسم الرقاص المتداول بين علماء المسلمين آنذاك الموار ٠

يقول ابن يونس عن دور العلم في تقوية الإيمان : «إن أفضل الطرق إلى معرفة الله هو التفكير في خلق السماوات والأرض وعجائب المخلوقات وما أودعه فيها من الحكم وبذلك يشرف الناظر على عظيم قدرة الله عز وجل وتتجلى له عظمته وسعة حكمته وجليل قدرته» ٠

ومؤلفاته كثيرة نذكر منها :

(١) زيج ابن يونس (الزيج الحاكمي)

(٢) كتاب غاية الانتفاع وهو يحتوي على جداول عن ارتفاع الشمس وشروقها وغروبها ٠

أبو القاسم المجريطي

عاش أبو القاسم مسلمه أحمد المجريطي بين ٣٣٨ - ٣٩٨ هـ (٩٥٠ - ١٠٠٧) ، ولد في مجريط (مدريد) بالأندلس ولكنه انتقل إلى قرطبه حيث تعلم هناك ، وكان يحب الأسفار طلبا للعلم، فسافر إلى بلاد المشرق واتصل بعلماء العرب ، وأنشأ مدرسة في قرطبه لتكون معهدا علميا يضم العلوم البحتة والتطبيقية ٠

حرر زيج الخوارزمي وأضاف إليه ، كما أن له رسالة عن الإسطرلاب ترجمت إلى اللاتينية ، وقد طور نظرية الأعداد وهندسة إقليدس وكتب كتابا في الحساب التجاري والمعروف آنذاك بحساب المعاملات، وقد كان أيضا من العلماء الذين اشتغلوا بالكيمياء ٠ يؤثر عنه أنه قال :" علي من يريد الاشتغال بالكيمياء أن يلم أولا بالرياضيات والعلوم ، حتى يقف على أصولها ويدرب يديه على الأشغال العلمية وبصره على قوة الملاحظة وعقله على التفكير في العمليات والمواد الكيميائية " ، وكان له علم كاف بالتفاعلات الكيميائية ٠

وقد كتب أيضا فصلا في الحيوانات وتكوينها وفضل بعضها على بعض مما يبين أنه كان موسوعة في فروع مختلفة من العلم . ويعتبره المؤرخون من ألمع علماء الأندلس في الفلك والرياضيات والكيمياء والحيوان .

ومن أهم مؤلفاته الفلكية :

(١) اختصار تعديل الكواكب من زيج البتاني .
(٢) رسالة في الإسطرلاب .
(٣) شرح كتاب المجسطي لبطليموس.

كما أن له مؤلفات عديدة في فروع أخرى من العلوم .

أبو سهل الكوهي

توفي عام ٤٠٥ هـ (١٠١٤ ميلادية) وكان من أهالي الكوه في جبال طبرستان ، كان عالما بالفلك واشتهر بصناعة آلات الرصد الدقيقة ؛ كما أنه يعتبر من كبار علماء الجبر في القرون الوسطى ، حيث طور المعادلة الجبرية ذات الثلاثة حدود . قال عنه سيديو : الكوهي يعتبر من أعظم فلكيي عصره وهو من مؤسسي مرصد بغداد في عهد شرف الدولة ، ويعزى إليه تفسير الانقلاب الصيفي والاعتدال الخريفي . طلب منه شرف الدولة أن يقيم دراسة متكاملة عن رصده للكواكب السبعة من حيث سيرتها وتنقلها في بروجها .

كما اهتم أبو سهل الكوهي بدراسة مركز الأثقال حيث استخدم البراهين الهندسية لحل كثير من المسائل التي لها علاقة بإيجاد الثقل .

ويروي المؤرخون أن أبا سهل كان يدون محاضر كل الجلسات التي تجري في المرصد بحضور العلماء . ومن أهم مؤلفاته :

(١) كتاب الدوائر المتماسة من طريق التحليل.
(٢) كتاب صنعة الإسطرلاب بالبراهين .
(٣) السائرة في الأمطار على تمادي الأعصار، وغير ذلك الكثير .

البيروني

عاش بين سنتي ٣٦٢- ٤٤٠ هجرية (٩٧٣ - ١٠٤٨ ميلادية) أصله من فارس وولد في بيرون (تركستان) برز في الفلك والرياضيات والطب والأدب والتاريخ. يقول عنه المستشرق سخاو : إن البيروني أعظم عقلية عرفها التاريخ ، فله إلمام شامل بالمعارف المختلفة " ، وأضاف المستشرق الأمريكي أربو بول : إن اسم البيروني ينبغي أن يحتل مكانة رفيعة في أية قائمة لأكابر العلماء ومحال أن يكتمل أي بحث للرياضيات أو الفلك أو الجغرافيا أو علم الانسان أو المعادن دون الإقرار بإسهامه في كل تلك العلوم .

الف كتابا يعتبر موسوعة في الهيئة والنجوم يحتوي على ١٤٣ بابا ويروى عنه أنه أهدى هذا الكتاب إلى السلطان مسعود فأراد السلطان أن يجزيه على هذه الهدية فأرسل له ثلاثة جمال محملة بالفضة فردها وقال إنه يخدم العلم ولايبغى عليه مالا ٠ زاره صديق له وهو مريض فسأله البيروني عن مسألة سبق أن ناقشه فيها فقال له صديقه أفي هذه الحالة ؟ فرد البيروني«أودع الدنيا وأنا عالم بهذه المسألة خير من أن أتركها وأنا جاهل بها »٠ له من المؤلفات مايزيد عن ٣٧ مؤلفــا٠ ولقد برهن حقائق علمية عن مساحة الأرض ونسبتها للقمر وكذلك عن الشمس وأنها مركز الكون الأرضي وبعد الشمس عن القمر وأبعاد الكواكب عن بعضها وله رسالة دقيقة في ذلك ٠ وقد لاحظ الفلكيون أن أبعد نقطة للشمس عن الأرض غير ثابتة وقد حاول البيروني بناء على أربعة أرصاد في المواسم الأربعة أن يحسب مقدار التغير في الحركة بواسطة الحساب التفاضلي ؛ كما أنه أول من فكر في علم الجاذبية (وليس إسحاق نيوتن كما يقول الغربيون) .

جدول (٢- ٢) الوزن النوعي للعناصر

المادة	الوزن النوعي	
	قياس البيروني	القياس الحديث
الذهب	١٩ر٢٦	١٩ر٢٦
الزئبق	١٣ر٧٤	١٣ر٥٦
النحاس	٨ر٩٢	٨ر٨٥
الحديد	٧ر٨٢	٧ر٧٩
القصدير	٧ر٢٢	٧ر٢٩
الرصاص	١١ر٤٠	١١ر٣٥
الياقوت	٣ر٧٥	٣ر٥٢
الزمرد	٢ر٧٣	٢ر٧٥
اللؤلؤ	٢ر٧٣	٢ر٧٥

لجأ في بحوثه إلى التجريب حيث قام بحساب الوزن النوعي لثمانية عشر عنصرا ومركبا وذلك بأن استعان بوعاء يتجه بصبه إلى أسفل ووزن الجسم في الهواء . ويبين جدول (٢-٢) دقة حساباته مع القياسات الحديثة ٠ كما أن له حسابات دقيقة في حساب مساحة المثلث بدلالة أضلاعه ، وقد استنتج من أرصاده أن الشمس أكبر من الأرض وأكبر من القمر، كما شرح بطريقة واضحة ظاهرة الشفق وحسب محيط الأرض بدقة فائقة وحدد اتجاه القبلة للصلاة بنظرياته الرياضية، وهناك مسائل معروفة باسمه مثل تقسيم الزاوية ثلاثة أقسام متساوية بدون مسطرة وفرجار وحساب قطر الأرض وأن سرعة الضوء تفوق سرعة الصوت ٠

معادلة البيروني في
حساب نصف قطر الأرض و محيطها :

بفرض أن النقطة (ع) هي قمة جبل وأن (ع ن) هو الخط الواصل من قمة الجبل إلى مركز الأرض. (ع ك) الخط المماس لسطح الأرض عند ك، ونصف قطر الأرض (ر) ، (ع م) هو ارتفاع الجبل عن

سطح الأرض.

$\text{س} + \text{و} = ٩٠^\circ$

$\text{ن} + \text{و} = ٩٠^\circ$

لذلك فإن $\text{س} = \text{ن}$

$$\text{جتا ن} = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} = \frac{\text{ك ن}}{\text{ن ع}} = \frac{\text{ر}}{\text{ع م} + \text{ر}}$$

$$\text{جتا س} = \frac{\text{ر}}{\text{ع م} + \text{ر}}$$

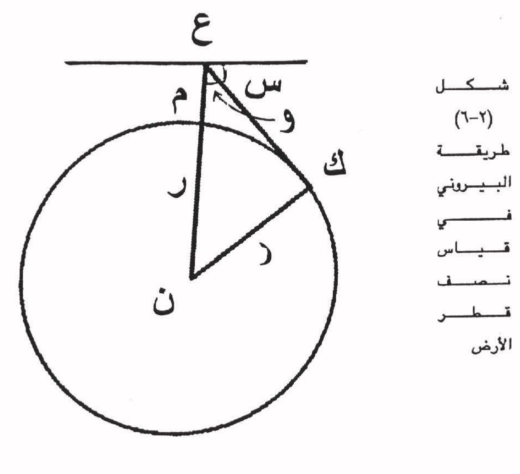
$$\text{جتا س} \left(\text{ع م} + \text{ر} \right) = \text{ر}$$

$$\text{ر} \left(١ - \text{جتا س} \right) = \text{ع م جتا س}$$

ولهذا فان $\text{ر} = \frac{\text{ع م جتا س}}{١ - \text{جتا س}}$

و بقياس الزاوية س ، ومعرفة ارتفاع الجبل يمكن حساب نصف قطر الأرض .

ومحيط الأرض $= ٢ \text{ ر} \left(\frac{٢٢}{٧} \right) = \frac{٤٤}{٧} \text{ ر}$.



شكل (٢-٦) طريقة البيروني في قياس نصف قطر الأرض

ومن أهم مانعلق به على طريقة حساب محيط الكرة الأرضية أنه من الواضح أن البيروني تعامل مع الأرض على أنها كرة وفي ذلك دلالة واضحة على أنهم كانوا يفهمون فكرة كروية الأرض بل وبرهنوا على صحة هذه الفكرة ٠

يقول جورج سارتون في كتابه العلوم الانسانية : «إن البيروني قد حل بعض المسائل في علم الهندسة المستوية التي كانت مستعصية على العلماء »٠ كما أنه درس المعادلة الجبرية ذات الدرجة الثالثة وصورها ٠ وقد طبعت أكاديمية العلوم السوفييتية عام ١٩٥٠ ميلادية كتابا بعنوان: البيروني، اعترافاً بفضله وكذلك فعلت الهند عام ١٩٥١ .

ابن الشاطــر

عاش بين سنتي ٧٠٤ ، ٧٧٧ هـ (١٣٠٤، ١٣٧٥ ميلادية) وهو من مواليد دمشق وقضى معظم حياته في وظيفة التوقيت ورئاسة المؤذنين في المسجد الأموي بدمشق . درس في القاهرة والإسكندرية علمي الفلك والرياضيات ، ولكنه فرغ نفسه لعلم الفلك فأبدع فيه حيث أن له ابتكارات في صناعة الإسطرلاب وتصحيح المزولة الشمسية ، وألف زيجا قدم فيه نماذج فلكية قائمة على التجارب والمشاهدة والاستنتاج ولكن كوبرنيك ادعى هذه النماذج لنفسه ! يقول الدكتور / ديفيد كنج في مقال نشر في قاموس الشخصيات العلمية : أنه ثبت في سنة ١٩٥٠ ميلادية أن كثيرا من النظريات الفلكية المنسوبة لكوبرنيك قد أخذها هذا الأخير من العالم المسلم ابن الشاطر ، وفي سنة ١٩٧٣ ميلادية عثر على مخطوطات عربية في بولندا مسقط رأس كوبرنيك كان ينقل منها وينسب ذلك لنفسه ٠

وقد صنع ابن الشاطر آلة لضبط وقت الصلاة سماها البسيط ٠ كما أنه قاس زاوية انحراف دائرة البروج فانتهى إلى نتيجة عالية الدقة أكثر من القيمة التي حصل عليها البتاني فهي تختلف عن القيمة المضبوطة التي نعرفها اليوم فقط بمقدار ١٩٫٨ ثانية٠ وقد فهم الحركة داخل المجموعة الشمسية بصورة صحيحة حيث يقول في أحد نصوصه «لذا الأرض والكواكب المتحيرة تدور حول الشمس بانتظام والقمر يدور حول الأرض»

وهذا الاكتشاف نسب إلى كوبرنيك والذي جاء بعد ابن الشاطر بعدة قرون ٠ ثم جاء جاليليو الذي تشبع بفكرة ابن الشاطر فابتكر أول تلسكوب وأخذ يراقب حركة النجوم . ولابن الشاطر مؤلفات كثيرة تزيد عن الثلاثين كتابا مازال بعضها مفقودا ، ومن مؤلفاته :

(١) زيج نهاية الغايات في الأعمال الفلكيات ٠

(٢) رسالة في تعليق الأرصاد ٠

(٣) رسالة عن صنع الإسطرلاب ٠

(٤) الزيج الجديد ٠

صلاح الدين قاضي زاده

ولد في النصف الأخير من القرن الثامن الهجري في بروسة (بتركيا) وتوفـي سنة ٨٤٠ هـ (١٤٣٦ ميلادية) ، تعلم في خراسان واشتهر في الرياضيات والفلك. اشتهر باحترامه للأساتذة وطلاب العلم وحفاظه على كرامتهم فمما روى عنه : أن أولغ بك قد عزل أحد المدرسين في مدرسته فاحتج قاضي زاده على ذلك وانقطع عن التدريس وإلقاء المحاضرات فذهب إليه أولغ بك وسأله عن سبب انقطاعه فأجابه : كنا نظن أن مناصب التدريس من المناصب التي تحيطها هالة من التقديس لايصيبها العزل وأنها فوق متناول الأشخاص ولولا أن رأينا أن المدرسين تحت رحمة أصحاب السلطة وأولى الأمر فوجدنا أن الكرامة تقضي علينا بالانقطاع احتجاجا على انتهاك حرمات العلم والعبث بقداسته ، فلم يسع أولغ بك إلا الاعتذار وإعادة المدرس المعزول ، وكان قاضي زادة مديرا للجامعة العلمية ومديرا للمرصد في سمرقند وقد تعلم أولغ بك على يديه وعملا معا في الأرصاد الفلكية حيث ألفوا زيجا عرف بزيج أولغ بك ، كما عكف على التأليف في حقلي الرياضيات والفلك بحيث كانت مصنفاته كثيرة. وقد خالف المنجمين مما جعلهم يتجرأون عليه ويقتلونه ولكنهم بالطبع لم يقضوا على علمه الذي انتشر وبقي ليكون زاداً للإنسانية من بعده .

ملخص

١- لقد بني المسلمون العديد من المراصد الفلكية في فترة نهضتهم .

٢- ابدعوا في صناعة الإسطرلاب والمزولة الشمسية وغيرها من الأجهزة الفلكية.

٣- حسبوا محيط الكرة الأرضية .

٤- صنع ابن الشاطر آلة البسيط لحساب مواقيت الصلاة .

٥- استنتجوا حركة الأرض والكواكب حول الشمس والقمر حول الأرض .

٦- وضع أب الوفاء معادلة لحساب حركة القمر في مداره .

٧- حسبوا السنة الهجرية ووضعوا طرقا لحساب بداية الشهر العربي.

٨- ضبطوا زاوية ميل المحورين(ميل دائرة البروج) .

٩- عملوا الأزياج العديدة والعظيمة النفع .

١٠- رسموا خرائط دقيقة للنجوم في الفصول الأربعة .

١١- خلصوا علم الفلك من التنجيم .

أسئلة الباب الثاني

١ – اذكر ثلاثة من أهم الأعمال الفلكية التي قدمها علماء المسلمين ٠

٢ – ماهو : المثلث الكروي – خط نصف النهار – الزيج – دائرة البروج – سمت الرأس – وضع الاقتران ؟

٣ – من هو : صاحب الزيج الصابيء – مخترع الرقاص – الذي حسب محيط الأرض بدقة عالية – أول من درس الجاذبية ؟

٤ – ماذا تعرف عن : الموار – الاسطرلاب – علم الهيئة – ابن يونس – المزولة الشمسية ؟

٥ – هل كان للمسلمين دور فعال في تطور علم الفلك ؟

٦ – اذكر ثلاثة أعمال لكل من : البيروني – ابن الشاطر – البتاني – أبو الوفاء ٠

أجب بصح أو بخطأ ثم صوب الخطأ ٠

١ – البسيط آلة لقياس ارتفاع النجم

٢ – ابن يونس مخترع الرقاص

٣ – قاس البتاني زاوية ميل دائرة البروج بدقة تختلف بـ٢٠ ثانية عن القيمة الحديثة

٤ – وضع ابن الشاطرطريقة مبسطة لقياس محيط الكرة الأرضية

٥ – الزيج كتاب في الفلك

٦ – البتاني مكتشف علم اللوغاريتمات

٧ – قاس ابن الشاطر زاوية ميل دائرة البروج بدقة تختلف بـ ٢٠ ثانية عن القيمة الحديثة ٠

٨ – اخترع ابن الشاطر آلة البسيط

٩ – الزيج هو الاسطرلاب

١٠ – ابن يونس هو صاحب الزيج الصابيء

اختر أصح الإجابات فيمايلي :-

١ – الاسطرلاب آلـة لقيـاس : أ– مواقع النجوم

ب– الزمن

ج – الأوزان

٢ – المزولة آلة تستخدم في قيـاس: أ– بعـد النجـوم
ب– الزمن
ج – أوزان العناصر

٣ – عرف المسلمون أن حركة القمر :   أ– منتظـمـــــة
ب– بها خلل

٤ – أثبت المسلمون أن :   إ– الشمس تدور حول الأرض
ب– الأرض تدور حول الشمس

٥ – نقطة السمت عمودية على :   أ– خط الاستواء
ب– خط الأفق

٦ – ميل دائرة البروج عبارة عن :   أ– ميل الأرض علي الشمس
ب – ميل مدار الأرض حول نفسها على مدارها حول الشمس
ج– ميل مدار الأرض حول نفسها على مدار القمر حول الأرض

٧ – الذي برهن أن معادلة الزمن تتغير علي مر الأجيال هو :
أ– البتاني – ب– ابن يونس   ج – ابن الشاطر

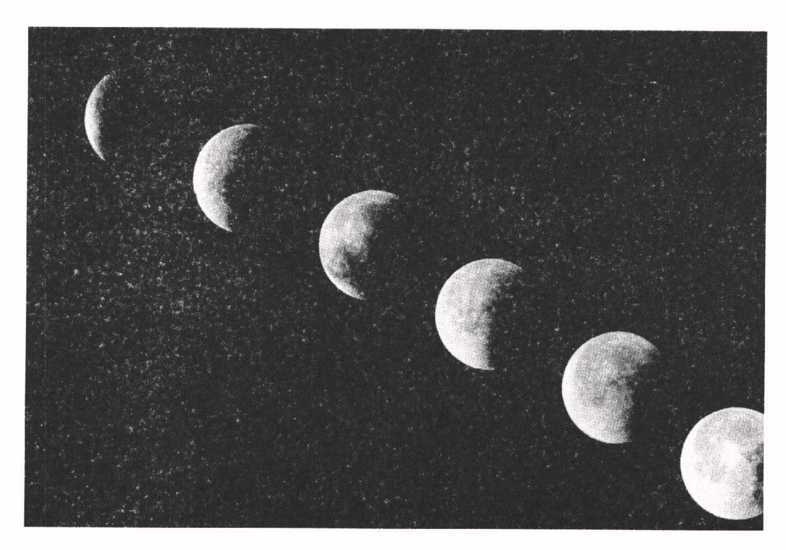
٨ – الذي تميزت كتبه بالصور الملونة هو العالم :
أ–البتاني   ب – ابن يونس   ج – أبوالحسن الصوفي

الباب الثالث

الفلك الكروي

الباب الثالث
الفلك الكروي

اهتدى أبو الوفاء إلى معادلة مثلثية توضح مواقع القمر سماها معادل السرعة، وقد أطلق اسمه على فوهة بركان على سطح القمر تخليداً له. (ولد سنة ٣٢٨ هجرية).



شكل (٣-١) خطوات متتالية من خسوف القمر الكلي والذي حدث في يوليو من عام ١٩٨٢ ميلادي. ونرى من الشمال لليمين القمر وهو يخرج تدريجياً من منطقة ظل الأرض حتى يعود إلى شكله كبدر كامل.

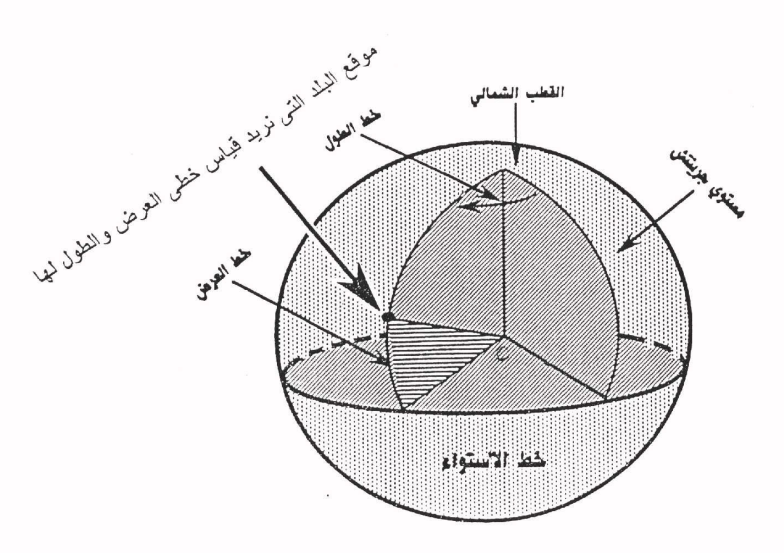
ينشأ عن حركة الأرض حول نفسها وحول الشمس وكذلك من حركة القمر والكواكب العديد من الظواهر الفلكية التي نراها في السماء كحركات النجوم وفصول السنة وغير ذلك الكثير. ونحاول في هذا الباب شرح أهم المظاهر المتعلقة بحركتي دوران الأرض حول الشمس وحول نفسها. ويتطلب التنبؤ بأي من هذه الظواهر تحديد مواقع هذه الأجرام عند أي لحظة زمنية بدقة عالية. ونبدأ ببعض عناصر علم الفلك الكروي الذي يعني بالإحداثيات وتغيراتها بإيجاز شديد.

الإحداثيات على الكرة الأرضية:

أتاحت لنا حركة الأرض حول نفسها وكرويتها وسيلة سهلة في تحديد المواقع سواء علي الأرض أو على الكرة السماوية ، حيث من المعلوم أنه يمكن تحديد أي موقع على سطح الأرض عن طريق معرفة خطي الطول والعرض للمكان . وخط العرض latitude عبارة عن الزاوية (المقاسة على خط الطول المار بالمكان) بين المكان الذي نريد معرفة موقعه وخط الاستواء . أما خط الاستواء equator أو بلفظ أدق دائرة الاستواء فإنه ينشأ من تقاطع مستوى دوران الأرض حول نفسها مع الكرة السماوية. ولو رسمنا محورا عموديا على مستوي خط الاستواء ماراً بمركز الأرض فإن هذا المحور يمثل الخط الواصل بين القطبين الشمالي north pole والجنوبي south pole ومعني ذلك أن محور الدوران عمودي علي دائرة الاستواء . لو رسمنا أنصاف دوائر عظمى عمودية على خط الاستواء وتمر بالقطبين فإنها تمثل خطوط الطول على سطح الكرة الأرضية. وزاوية الطول lon-gitude إذن هي عبارة عن الزاوية بين خط الطول المار بمدينة جرينتش في إنجلترا وذلك المار بالموقع الذي نريد قياس خط طوله. ويتميز كل خط طولي بزاوية بينه وبين خط الطول لمدينة جرينتش شرقا (-) أو غربا (+). وعلى هذا فإن خطوط الطول تبدأ من صفر عند جرينتش وتنتهي بمقدار -١٨٠ شرقا و+١٨٠ غربا. ولو رسمنا دوائر موازية لخط الاستواء ، فهذه الدوائر تمثل خطوط العرض المختلفة ، وتقاس زاوية خط العرض كما هو مبين في شكل(٣-٢). ويعتبر خط العرض موجبا إذا كان المكان واقعا شمال خط الاستواء وسالبا إذا كان واقعا جنوب خط الاستواء. وخطوط العرض تبدأ من صفر على خط الاستواء وتنتهي بمقدار +٩٠ و -٩٠ عند القطبين الشمالي والجنوبي على التوالي.وباستخدام خطي الطول والعرض يمكننا بذلك أن نحدد موقع أي مدينة على سطح الكرة الأرضية.

الإحداثيات على الكرة السماوية:

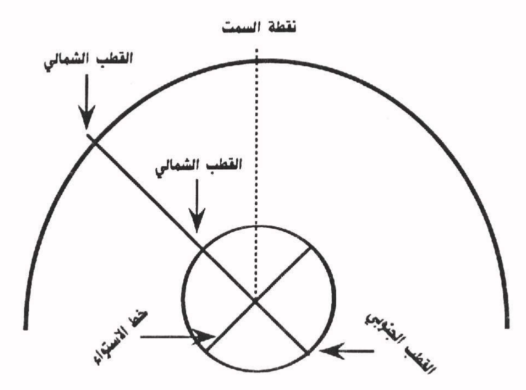
إذا نظرنا إلى السماء من حولنا فإننا نتخيلها كرة مركزها هو مكان المشاهد . ونتيجة أننا نحيا على الأرض التي تدور حول نفسها فإننا لانشعر بحركتها ولكن نرى النجوم من حولنا وكذلك الشمس هي التي تتحرك ، فإذا تخيلنا أننا مددنا الخط الواصل بين القطبين ليلتقي مع الكرة السماوية celestial sphere فان نقطتي التقاء المحور مع الكرة السماوية تمثلان موقعي القطبين الشمالي والجنوبي على الكرة السماوية كما هو مبين في شكل (٣-٣) وبنفس الطريقة نمد مستوى



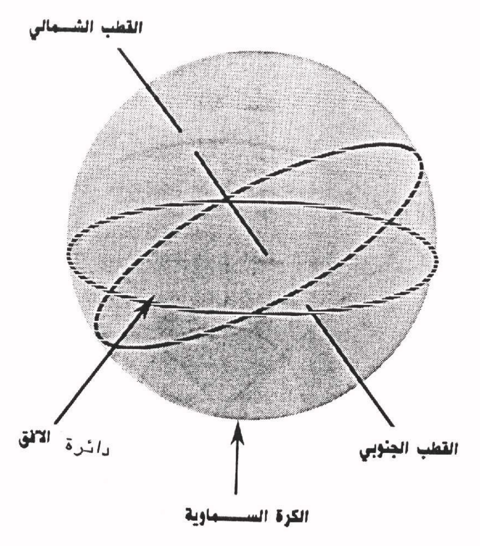
شكل (٣-٢) الإحداثيات على الكرة الأرضية

أفق المشاهد ليقطع الكرة السماوية في مستوى نسميه مستوى الأفق ، ونستطيع أن نرسم على نفس الكرة مستوى تخيلي يحاكي حركة الأرض حول الشمس في مدارها السنوي ، و النقطة العمودية على خط الاستواء تسمى القطب الشمالي كما أن النقطة العمودية على مستوى الأفق تسمى نقطة السمت zenith أو سمت الرأس ، وهذه الأخيرة تتغير بتغير موقع المشاهد. والدائرة التي تمر بالقطبين ونقطة السمت تسمى دائرة المشاهد السماوية observers celestial meridian أو دائرة الزوال ويبين شكل(٣-٤) الإحداثيات الخاصة بكل من خطي الأفق والاستواء على الكرة السماوية . وتعتبر الإحداثيات المكونة من نقطة السمت وخط الأفق إحداثيات محلية بمعنى أنها تتغير من مكان لآخر ، ولذلك فهي تستخدم في حساب مواقيت الصلاة وأوائل الشهور العربية وغيرها من الظواهر التي تتغير حسب مكان الراصد. وتعرف الإحداثيات المكونة من دائرة الأفق ونقطة السمت بالارتفاع Altitude والزاوية الأفقية (أو زاوية السمت) Azimuth وعلي هذا فبمعرفة الارتفاع لأي جرم في السماء عن الأفق ومعرفة الزاوية الأفقية (زاوية السمت) يمكن تحديد موقع هذا الجرم عند لحظة معينة وفي مكان بذاته.

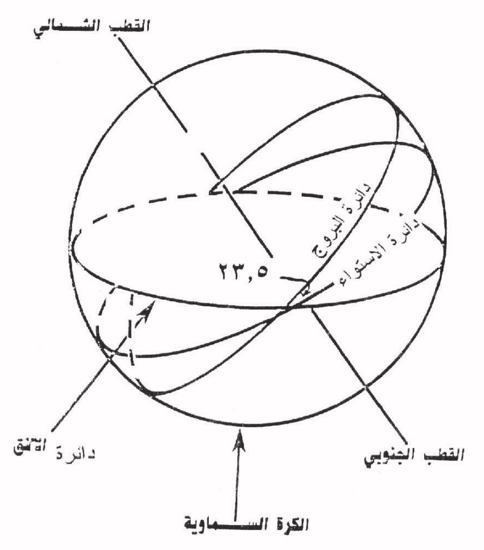
أما الإحداثيات المكونة من خط الاستواء والقطب الشمالي (أو الجنوبي) على الكرة الأرضية فهي ثابتة لجميع سكان الأرض وتستخدم في تحديد موقع أي بلد على سطح الأرض من خلال خطي الطول والعرض ، كما أنها تستخدم في تحديد فصول السنة . وتوجد إحداثيات مماثلة من خط الاستواء والقطب الشمالي على الكرة السماوية وهي تستخدم في تحديد مواقع الأجرام في السماء ونعرف موقع أي جسم من خلال المطلع المستقيم right ascension والميل



شكل (٣-٣) الإحداثيات على الكرة السماوية والكرة الأرضية حيث نمد محور دوران الأرض حول نفسها ليلتقي مع الكرة السماوية وهي عملية تخيلية بالطبع. وكذلك نفعل بخط الاستواء. وبذلك فإن الإحداثيات على الكرة السماوية هي امتداد للإحداثيات الأرضية لكنها للأجرام على الكرة السماوية



شكل (٣-٤) الإحداثيات على الكرة السماوية وفيه نجد موقع دائرتي الأفق والإستواء

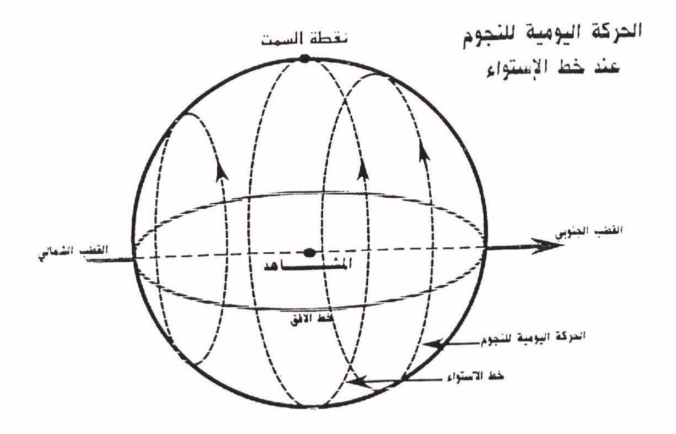


شكل (٣-٥) توجد ثلاثة أنواع من الإحداثيات على الكرة السماوية : إحداثي الأفق ونقطة السمت وإحداثي دائرة الإستواء والقطب الشمالي وإحداثي دائرة البروج وقطبها.

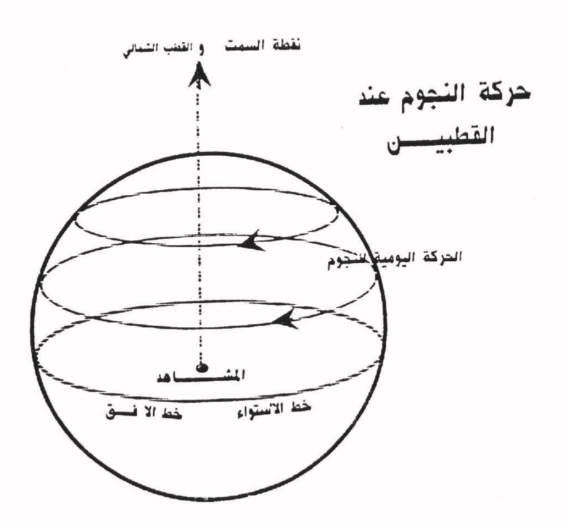
declination. ويتبين من شكل (٣-٥) أن هناك نوعا ثالثا من الإحداثيات على الكرة السماوية وهو عبارة عن مستوى دائرة البروج والنقطة العمودية عليه وتسمى قطب دائرة البروج ، ويمكن استخدام هذه الإحداثيات في معرفة مواقع النجوم والأجرام في السماء .

الحركة الظاهرية للنجوم

تعبر الحركة الظاهرية للنجوم عن الحركة اليومية للأرض حول نفسها لذلك تختلف هذه الحركة الظاهرية للنجوم حسب موقع المشاهد على سطح الأرض ، فاذا تصورنا شخصا يقف عند أحد القطبين فانه سيرى النجوم تتحرك أفقيا وستكون نقطة السمت لهذا الشخص منطبقة على القطب (الشمالي أو الجنوبي) وكذلك يكون خط أفقه موازيا لخط الاستواء كما هو مبين في شكل(٣-٦ب)٠ أما إذا كان الشخص يعيش عند خط الاستواء فانه سيري النجوم تتحرك رأسيا كما هو موضح في شكل(٣-٦أ) ٠ وفي هذه الحالة ينطبق مستوى أفق الشخص على المستوى المار بالقطبين الشمالي والجنوبي أي المار بمحور دوران الأرض حول نفسها ٠ أما بقية سكان الأرض فسيرون النجوم تتحرك بميل على خط الأفق وتزداد زاوية ميل حركتها كلما اقتربنا من خط الاستواء إلى أن تصبح عمودية عليه.

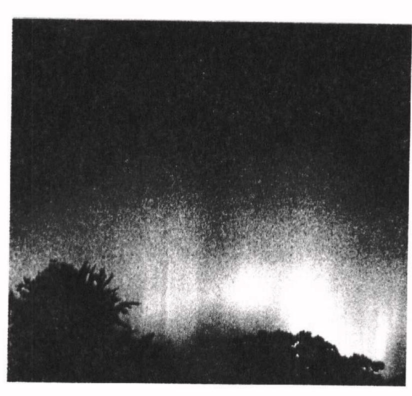


شكل (٣-٦) أ- الحركة اليومية للنجوم كما يراها الشخص الواقف عند خط الإستواء

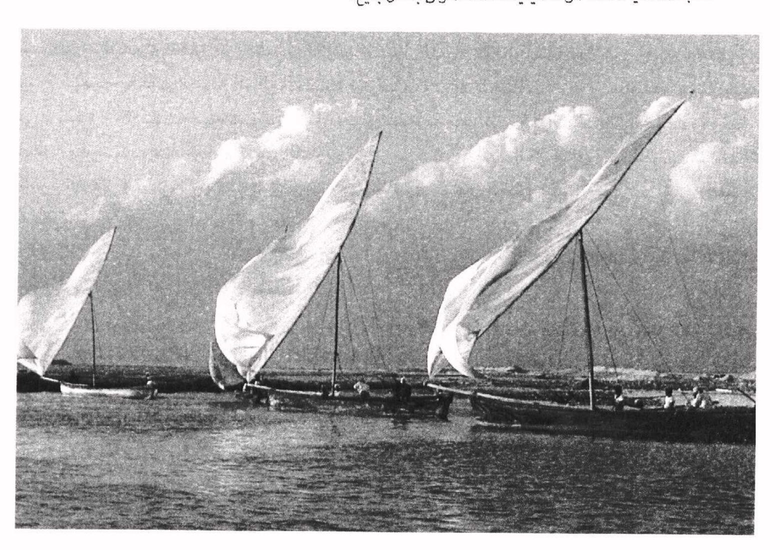


شكل (٣-٦) ب- الحركة اليومية للنجوم كما يراها الشخص الواقف عند أي من القطبين الشمالي أو الجنوبي





شكل (٣-٧) أ - صورتان مختلفتان للشفق القطبي وهي ظاهرة لا تحدث إلا عند القطبين الشمالي والجنوبي وتأخذ ألواناً متعددة بشكل رائع وهي ناشئة عن تفاعل الشحنات القادمة من الشمس مع جزيئات الهواء في الطبقات العليا محدثة ألواناً طيفية مختلفة الألوان بشكل بديع.



شكل (٣-٧) ب - منظر طبيعي وتظهر فيه السماء بلونها الأزرق

لماذا تظهر السماء زرقاء اللون؟

إن أشعة الشمس تسقط على غلاف الأرض فتقوم جزيئات الهواء بامتصاص أو تشتيت مايسقط عليها من أشعة . ومن المعروف تبعا لقـــانون Rayleig cattering أن الطـــول الموجي للأشعة الساقطة وحجم الجسيمات التي تسقط عليها الأشعة هما اللذان يحددان مقدار تشتت الأشعة . فإذا كان حجم الجسيمات أقل من الطول الموجي للأشعة الساقطة فإن الأشعة الساقطة بأطوال موجية قصيرة سوف تتشتت أكثر من الأشعة ذات الطول الموجي الطويل، ولذلك فإن جسيمات الهواء (وهي أصغر من الطول الموجي الأزرق للضوء) تكون أكفأ في تفريق الضوء الأزرق أكثر من غيره ولذلك تبدو السماء زرقاء اللون .

قرص الشمس الأحمر عند الشروق والغروب :

عند غروب الشمس لابد وأن تمر أشعة الشمس خلال كمية أكبر من جسيمات الغلاف الجوي مما يسبب صعوبة دخول الأشعة ذات الأطوال الموجية القصيرة بينما يدخل الضوء ذو الطول الموجي الأكبر أي الطيف الأحمر فيظهر لذلك قرص الشمس بلونه الأحمر .وبنفس الطريقة يمكن تفسير ظاهرة الشفق الأحمر التي تظهر قبل الشروق أو بعد الغروب .

الشفق القطبي

وهي ظاهرة ضوئية تظهر عند القطبين بأشكال مختلفـــة ، وسببها أن الرياح الشمسية (وهي جسيمات مشحونة تنطلق من الشمس)حينما تـدخل المجال المغناطيسي للأرض ، فإن جسيمات الرياح الشمسية ذات الطاقة العالية حينما تصطدم بذرات الغلاف الجوي وتتفاعل معها وذلك على ارتفاع ٣٠٠ كم مما يتسبب في ظهور ألوان مختلفة تبعا لنـــوع الذرات التي اصطدمت بها ، وغالبا ماتحــدث هذه الظاهرة عند القطبين في آن واحد . وفي شكل (٣-١٧) منظران مختلفان لظاهرة الشفق القطبي . وسنعاود بإذن الله ذكر ظاهرة الشفق القطبي بالتفصيل عند شرح المجال المغناطيسي للأرض في الباب السادس .

كيف نثبت دوران الأرض حول الشمس؟

إن دوران الأرض حول الشمس من الحقائق العلمية التي أصبحت معروفة كرؤيتنا للشمس في وضح النهار. وإثبات ذلك من الناحية العلمية ممكن وبطرق متعددة ونذكر منها مايلي على سبيل التوضيح : -

١ - من قوانين الحركة وقانون الجاذبية :

بتطبيق قانون بقاء الطاقة المستنتج من قانون الجاذبية وقوانين الحركة يتضح أن سرعة الأرض المتوسطة حول الشمس هي ٢٩٫٧ كم / ث وبالتالي فإن الزمن اللازم لتتم دورة كاملة حول الشمس هو حوالي ٣٦٥ يوما وهو الزمن الذي نعرفه بالسنة أما إذا افترضنا العكس أي أن الشمس هي التي

تدور حول الأرض فسنجد أن طول السنة مخالف تماماً لما نعرفه ومن الواضح أن هذه الطريقة تعتمد على حل بعض المعادلات الرياضية .

٢ - مركـــز الكتـــلة :

من المعلوم أن أي جسمين يدوران حول مركز كتلتيهما بحيث يتناسب بعد كلا الجسمين عن مركز الكتلة عكسيا مع كتلة كل منهما ، وحيث إن كتلة الشمس حوالي ٣٣٠ ألف كتلة أرضية فإن مركز الكتلة لابد وأن يكون قريبا من الشمس وبعيدا عن الأرض بنسبة ١: ٣٣٠ ألف = ٣ × ١٠-٦ من المسافة بين مركزي الأرض والشمس ، فإذا قسمنا نصف قطر الشمس على المسافة بين الأرض والشمس فسنجد أن مركز الكتلة لابد وأن يقع داخل الشمس نفسها ، وحيث إن كل جسمين يدوران حول مركز الكتلة لهما لذلك فإن هذا يؤكد أن الأرض تدور حول المركز الموجود داخل الشمس أي انها تدور حول الشمس . هذا بالإضافة إلى أنه توجد أرصاد عديدة تؤكد حركة الأرض ودورانها هي وبقية الكواكب حول الشمس .

أما حركة الأرض حول نفسها فتتضح من مظاهر عديدة منها حركة الرياح ومنها الحركة الثابتة اليومية للنجوم ، كما هو مبين في شكل(٣-٨) . ومنها توالي الليل والنهار ومنها بعض التجارب العملية كتجربة بندول فوكلت.

٣.أرصاد النجوم القريبة :

توضح تلك الأرصاد وجود تغيراً دورياً في إتجاهاتها، ويبلغ هذا التغير مداه بدورة مقدارها ستة أشهر ثم يعود الاتجاه كما كان بعد سنة كاملة وهكذا مما يوضح أن الأرض هي التي تتحرك مكملة دورة كل ٢ × ٦ = ١٢ شهراً.

حســـــاب الزمـــــن

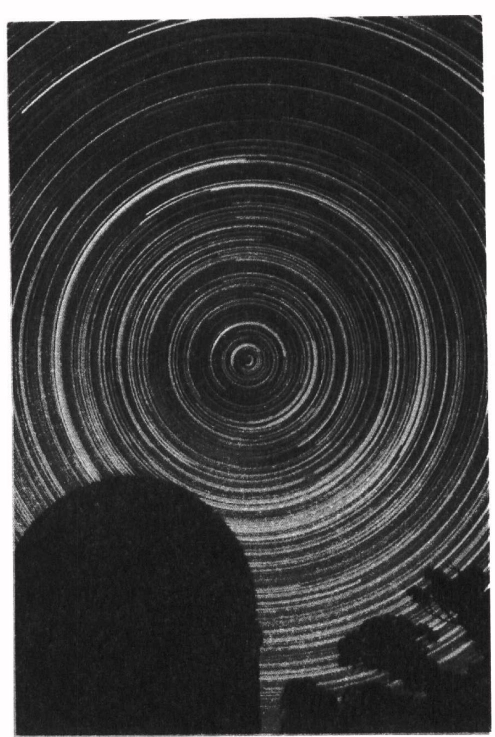
يمثل اليوم الوحدة الأساسية في علم الفلك لقياس الزمن ، ويمكن حساب اليوم عن طريق قياس الزمن من عبور الشمس بدائرة الزوال في يوم إلي عبورها بدائرة الزوال في اليوم التالي وسنجد هذه المدة تساوي ٢٤ ساعة، ويسمى هذا اليوم باليوم الشمسي solar day (في الحقيقة هو اليوم الشمسي المتوسط) ، وإذا ما أخذنا نجما معينا في السماء ورصدناه في يوم ما فإنه يصل إلى نفس المكان في اليوم التالي بعد مدة زمنية مقدارها ٢٣ ساعة ٥٦ دقيقة ٤,٠٩ ثواني وتسمى هذه المدة باليـوم النجمـي sidereal day.

وبذلك يمكننا أن نقول على وجه التقريب أن: اليوم الشمسي = اليوم النجمي + ٤ دقائق

ولذلك فإذا تم رصد نجم في أحد الأيام عند سمت المشاهد في تمام الساعة الثانية عشر مساءا فإن نفس النجم يظهر في اليوم الثاني في نفس المكان في الساعة ٥٦ر١١ وبعد شهر يظهر النجم في نفس المكان في الساعة العاشرة مساء : الشهر الشمسي = الشهر النجمي + ٢ ساعة

وبعد عام كامل إلا يوم نرى النجم في نفس المكان وفي نفس الوقت تقريبا :
السنة الشمسية = السنة النجمية + يوم

وهذا الفرق بين اليوم الشمسي واليـوم النجـمي هـو السـبب في اختلاف منظر النجوم في السماء في أشـهـر السنة المخـتلفـة ، فتجمعات النجوم التي نراها في الصـيف غـيـر التي نراها في الشتاء وهكذا. ويعزى الفارق بين اليوم الشمسي واليوم النجمي إلى حـركـة الأرض السنوية حـول الشـمس فـبـعـد أن تتم الأرض دورة كاملة حول نفسها تكون قد تحركت مسافة صغيرة في مدارها حول الشمس ولذلك نجد أن النجم في نفس موقعه الذي رصد فيه بالنسبة للأرض في اليوم السابق أما الشمس (أو الأرض حقيقة) فنجد أنها ظاهريا لم تصل إلي نفس موقعها السابق وتحتاج إلي فترة أطول من الوقت (٤ دقائق) حتي تصل إلي الموقع نفسه وهذه الفـتـرة تمثل الفـرق بين اليـوم النجـمي واليوم الشـمـسـي ، وهي ناشـئة كمـا ذكرنا عن الحـركـة السنوية للأرض حول الشمس .



شكل (٣-٨) مع دوران الأرض حول نفسها تظهر النجوم كما لو كانت تتحرك في دوائر عاكسة بذلك حركة الأرض اليومية حول نفسها. وهذه الصورة تبين الحركة الظاهرية اليومية للنجوم عند أي من القطبين الشمالي والجنوبي حيث تتحرك النجوم ظاهرياً في مسارات دائرية . أما بعيداً عن القطبين فإن معظم النجوم تشرق وتغرب كما تفعل الشمس في حركتها الظاهرية اليومية

The seasons فـصول السنـــة

يميل مستوى دوران الأرض حول نفسها (خط الاستواء equator) بزاوية مقدارها ٥ر٢٣ درجة على مستوى دوران الأرض حول الشمس (دائرة البروج) ويتسبب هذا الميل في اختلاف الفصول أثناء السنة ورغم أن مدار الأرض حول الشمس بيضاوي إلا أنه لايوجد فرق كبير بين أكبر وأصغر بعد للأرض عن الشمس ، وهذا يعني أن حركة الأرض في مدارها البيضاوي لا تؤثر كثيرا علي البعد بين الأرض والشمس وبالتالي لايوجد لاختلاف بعدها عن الشمس دور مؤثر في اختلاف الفصول ؛ بل إن الشتاء في نصف الكرة الشمالي يجيئ والأرض في أقرب أوضاعها من الشمس. وتختلف درجة الحرارة من مكان لآخر وفي مختلف الفصول تبعا لعاملين هما :

١ – ميل أشعة الشمس .

٢ – خط عرض المكان .

وفيما يلي وصف للفصول الأربعة في الأماكن المختلفة على سطح الأرض ، أنظر شكل(٣-٩).

أ - فصل الصيف (في نصف الكرة الشمالي):

١ – زاوية ميل أشعة الشمس على خط الإستواء في أول الصيف تكون + ٥ر٢٣°.

٢ – تكون الشمس عند سمت المشاهد ، أي متعامدة على خط الأفق في وقت الظهر عند خط عرض ٥ر٢٣° شمالا (مدار السرطان) و ذلك في أول يوم في الصيف.

٣ – يكون النهار أطول في النصف الشمالي من الكرة الأرضية .

٤ – عند خط عرض ٥ر٦٦° (الدائرة المتجمدة الشمالية) فإن الشمس لاتغرب لمدة ٢٤ ساعة في أول يوم من فصل الصيف ويقصر النهار حتى يصبح اليوم كله ليلا في فصل الشتاء.

٥ – شمال خط عرض ٥ر٦٦° لاتغرب الشمس لعدة أيام في الصيف .

٦ – يزداد عدد أيام النهار الكامل في الصيف والليل الكامل في الشتاء كلما توجهنا ناحية القطب الشمالي .

٧ – عند القطب الشمالي يستمر النهار لمدة ٦ أشهر تبدأ من الاعتدال الربيعي ثم يستمر الليل لمدة ٦ أشهر ابتداء من الاعتدال الخريفي .

٨ – تنقسم أشهر الليل الى ١٠٠ يوم تقريباً شفق صباحي ومسائي و ٧٥ يوم ليل حقيقي.

ب - فصل الشتاء (في نصف الكرة الشمالي):

١ – زاوية ميل أشعة الشمس على خط الإستواء في أول فصل الشتاء تكون - ٥ر٢٣ .

٢ – تكون الشمس فوق سمت المشاهد أي متعامدة على خط الأفق في وقت الظهر عند خط عرض ٥ر٢٣° جنوب دائرة الاستواء (مدار الجدي) وذلك في أول يوم في فصل الشتاء.



▲ أول يوم في فصل صيف

أول يوم في فصل الشتاء ▼



شكل (٣-٩) الجزء المواجه للشمس من الأرض في بداية فصلي الصيف والشتاء

٣ – يكون النهار طويلا في نصف الكرة الجنوبي وقصيرا في نصف الكرة الشمالي٠

٤ – عند خط عرض ٥ر٦٦° جنوبا (الدائرة المتجمدة الجنوبية) لاتغرب الشمس لمدة ٢٤ ساعة في أول يوم من فصل الشتاء الشمالي، ثم يقصر النهار بحيث يأتي يوم في فصل الصيف الشمالي يكون كله ليلا ٠

٥ – جنوب خط عرض ٥ر٦٦° في نصف الكرة الجنوبي لاتغرب الشمس لعدة أيام في الشتاء الشمالي ولاتشرق الشمس لعدة أيام في الصيف الشمالي٠

٦ – يزداد عـــدد الأيام التي تكون كلها نهارا (في الشتاء الشمالي) أو كلها ليـــلا (في الصيف الشمالي) كلما تحركنا نحو القطب الجنوبي ٠

٧ – عند القطب الجنوبي تبدأ ستة أشهر النهار من الاعتدال الربيعي وستة أشهر الليل تبدأ عند بداية الاعتدال الخريفي ٠

٨ – وتنقسم اشهر الليل إلى ١٠٠ يوم تقريباً شفق صباحي ومسائي و ٧٥ يوم ليل حقيقي٠

ج - **فصل الربيع والخريف:**

١ – يتساوي الليل والنهار تقريبا على جميع أنحاء الأرض٠

٢ – تأتي أشعة الشمس متعامدة على خط الاستواء ٠

٣ – تكون الشمس في وقت الظهر فوق سمت المشاهد عند خط الاستواء ٠

٤ – تكون الشمس طول اليوم على خط الأفق عند القطبين ٠

خـــط الاستـــواء

١ – الفصول تقريبا متساوية على طول العام عند خط الاستواء ٠

٢ – الشمس تشرق نصف الوقت بحيث يكون

طـول النهار = طول الليـــل = ١٢ ساعـة ٠

٣ – عند الظهـــر :

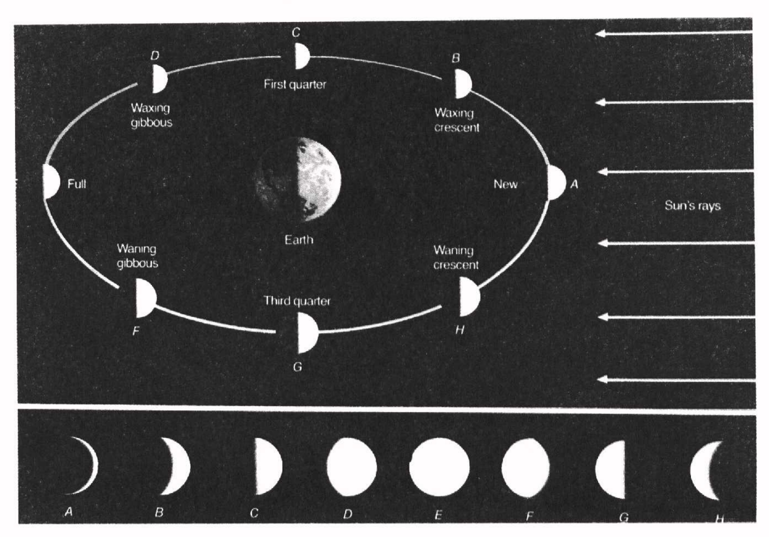
أ– تكون الشمس عند نقطة السمت عند الانقلابين .

ب – تكون الشمس على بعد ٥ر٢٣ شمال نقطة السمت في يـوم ٢٢ يونية ٠

ج – تكون الشمس على بعد ٥ر٢٣ جنوب نقطـــة السمت في يـــوم ٢٢ ديسمبر٠

منازل القمـــر وأوجهه phases of the Moon

قال تعالى: «والقمر قدرناه منازل حتى عاد كالعرجون القديم» . منازل القمر هي أطواره التي يمر بها أثناء دورانه حول الأرض . يكون نصف القمر دائما مضاء بأشعة الشمس ولكن الجزء الذي نراه مضاءاً من القمر يعتمد على زاوية الرؤية من سطح الأرض أو بمعنى أصح على الزاوية بين القمر والشمس من خلال موقعنا على الأرض علي النحو التالي (شكل(٣-١٠)) :



شكل (٣-١٠) منازل القمر

١ - إذا كان القمر بين الأرض والشمس على خط واحد فإننا لن نرى من القمر شيئا حيث يكون النصف المضاء من القمر يكون مواجها للشمس والنصف المظلم مواجها للأرض ٠وفي هذه الحالة نقول إن القمر في طور المحاق ، ثم يتحرك القمر شرقاً بأسرع من الشمس فيخرج من طور المحاق وحينئذ يولد الهلال الجديد crescent وقد يغرب القمر قبل أو بعد غروب الشمس ومنها يتحدد إمكانية رؤية هلال بداية الشهر العربي من عدمه .

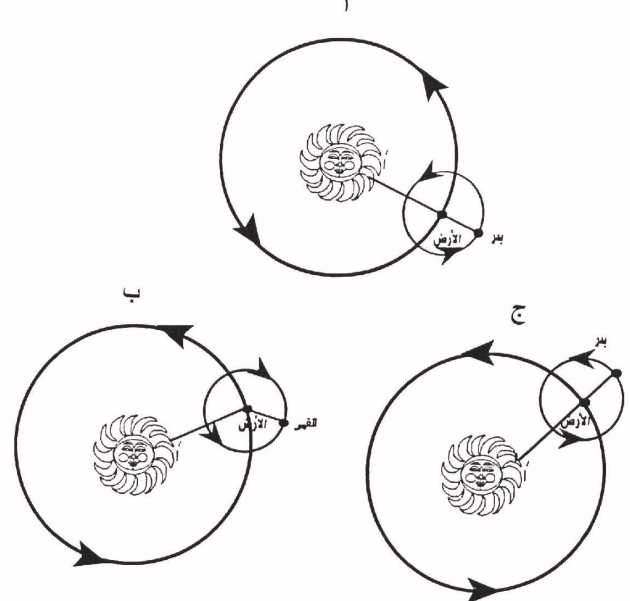
٢ - إذا كان القمر يصنع زاوية ٩٠ درجة مع الشمس بالنسبة للأرض فإننا نشاهد ربـــــع القمر مضاء (الربع الأول) waxing crescent، وفي هذه الحالة يشرق القمر في وقت الظهر.

٣- إذا كانت الأرض بين القمـر والشمـس ففـي هـذه الحـالة نشـاهد القمر في شكل بـدرfull Moon (نصف الشـهرالقمـري)، ويشـرق القمـر في هـذا الطور في نفس وقت غـروب الشـمس. وبالتالي فإنه يكون عموديا فوق الأفق في منتصف الليل كما أنه يغرب عند شروق الشمس في الصباح .

٤ - الربع الثالث للقمر مشابه للربع الأول حيث يصنع القمر زاوية مقدارها ٢٧٠ درجة مع الشمس بالنسبة للأرض ، وفي هذا الطور يشرق القمر في منتصف الليل.

ورغم إننا نرى القمر بأطوار مختلفة لكن نتيجة تساوي زمن دوران القمر حول نفسه مع زمن دورته حول الأرض فإن القمر يظل بوجه واحد أمام الأرض طول الوقت (ويسمي الوجه المضاء) والوجه الآخر يسمى الوجه المظلم وهذا الوصف لا علاقة له بالإضاءة الحقيقية على القمر وظاهرة دوران القمر حول الأرض بوجه ثابت موجودة بشكل عام في بقية الأقمار.

والذي يلاحظ حركة القمر يومياً يجد أن القمر يتأخر في الظهور كل يوم بمقدار ٥٠ دقيقة عن اليوم السابق ويمكن تفسير ذلك على النحو التالي: بسبب حركة القمر الشهرية حول الأرض فإننا نرصده يتحرك كل يوم بين النجوم بمعدل ١٣° في اتجاه الشرق بينما تتحرك الشمس كل يوم بمعدل درجة واحدة في اتجاه الشرق ، وذلك نتيجة حركة الأرض حول الشمس ، وهذا يعني أن القمر يتحرك كل يوم بمعدل ١٢° بالنسبة للشمس وتقدر الساعة الواحدة ب ١٥° وبقسمة ١٢ على ١٥ وضربها في ٦٠ يتضح لنا أن القمر يتأخر في المرور بنقطة معينة في السماء كل يوم بمقدار ٥٠ دقيقة تقريبا ولذلك يمكننا أن نعرف اليوم القمري بمقدار ٥٠ دقيقة و٢٤ ساعة .

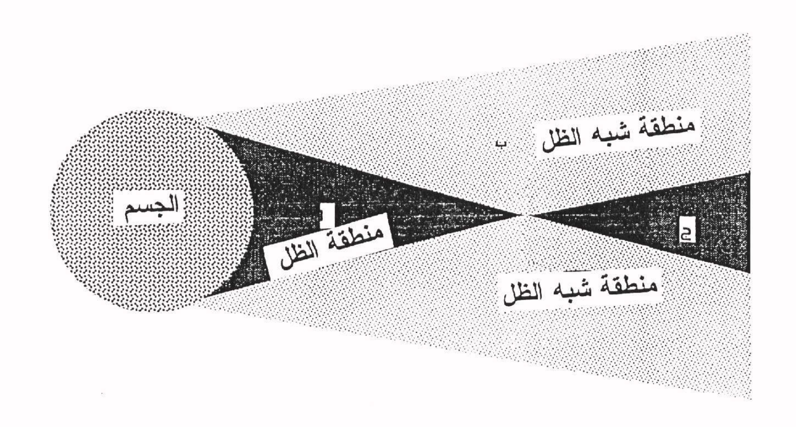


شكل (٣-١١) الشهر القمري النجمي والشهر القمري الاقتراني. يتم القمر دورة كاملة حول الأرض كما هو مبين في (أ) و (ب) وكي يعود القمر إلى مرحلة البدر مرة ثانية فإن القمر يأخذ وقتاً إضافياً إلى أن يصل للوضع المبين في شكل (ج).

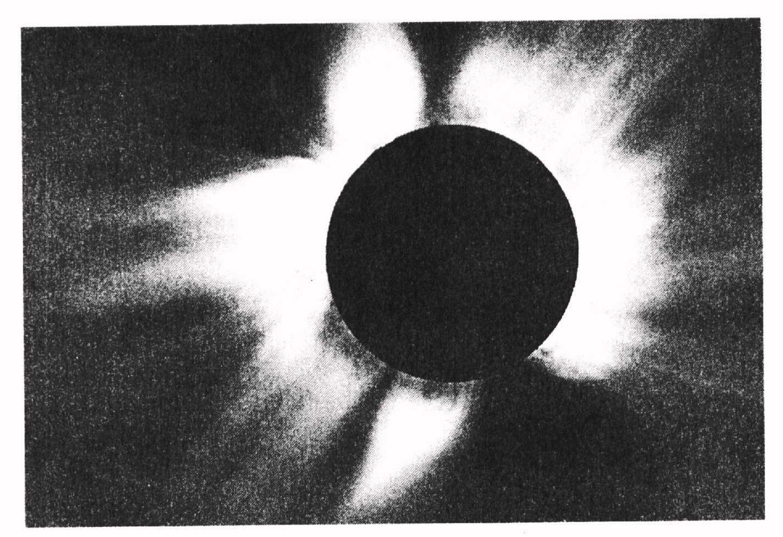
وإذا عرفنا الشهر النجمي للقمر بأنه الفترة من حركة القمر من نقطة ما في مـــداره وحتي يعـــود إلى نفس النقطة ومقداره ٢٧ يوما وسبع ساعات و٤٣ دقيقة وثلاث ثواني ، فإننـــا سنجـــده يختلف عن الشهر القمري الإقتراني والذي يقدر ب ٢٩ يوما و١٢ ساعة و٤٤ دقيقة و٣ ثـــواني ونستطيع أن نعرف الشهر القمري بأنه الفترة من ولادة القمر إلي الولادة الثانية له وهو الذي يستخدم في تحديد الشهر العربي . والفارق بين التعريفين السابقين لحركة القمر حول الأرض ناشئ عن حركة الأرض حول الشمس ، فحينما يعود القمر إلى نقطة البداية في مداره تكون الأرض قد تحركت في مدارها حول الشمس مما يعني تغير زاوية تعرض القمر للشمس ولذلك يتأخر ظهور ميلاد القمر عن بداية الشهر القمري النجمي الجديد ، كما هو مبين في شكل (٣-١١) . فإذا بدأنا تتبع حركة القمر من لحظة البدر كما في شكل(أ) فإن القمر يكمل شهره المداري كما في شكل(ب) ولكنه يحتاج لوقت أطول حتي يصل لمرحلة البدر كما في شكل (ج) ، وبذلك فإن الشهر القمري (الإقتراني) أطول من الشهر القمري النجمي .

ظاهرتا الكسوف والخســوف Solar and Lunar eclipses

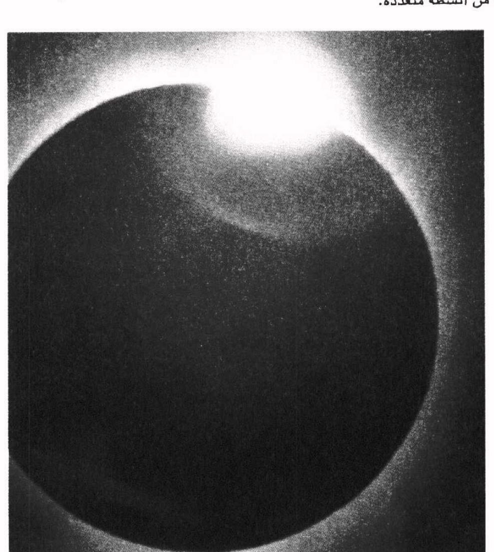
تحدث ظاهرتا الكسوف والخسوف إذا وقع جسم في منطقتي الظل أو شبه الظل لجسم آخر والمبينتان في شكل(٣-١٢). وبالتالي فإن هذه الظاهرة يمكن أن تحدث لكل من القمر والشمس وأي من الكواكب الأخري ، ولنبدأ بالشمس .



شكل (٣-١٢) منطقتا الظل وشبه الظل



شكل (٣-١٣) يحدث الكسوف الكلي للشمس عندما يغطي القمر قرص الشمس بالكامل. وفي هذه الحالة لا يرى من الشمس سوى غلافها الجوي وبخاصة منطقة الكورونا . ولذلك تستخدم ظاهرة كسوف الشمس في دراسة غلاف الشمس وما يحدث فيه من أنشطة متعددة.

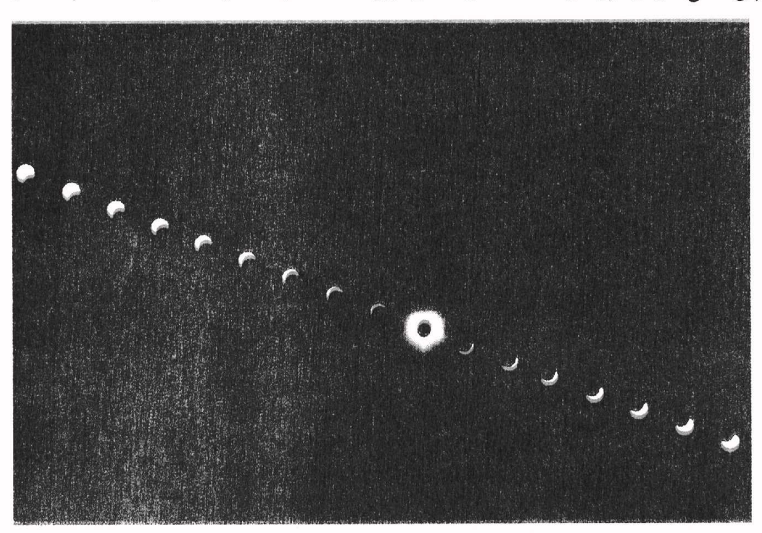


شكل (٣-١٤) صورة لكسوف الشمس الحلقي وتظهر الشمس كحلقة ماسية أو كخاتم به فص مضيء

كسوف الشمس:

بالرغم من أن الشمس أكبر بكثير من القمر فنصف قطر الشمس أكبر ٤٠٠ مرة من نصف قطر القمر إلا أن إرادة الله القدير أن يتيح للإنسان فرصة متكررة لرؤية منظر رائع لكسوف الشمس أو خسوف القمر فالحجم الظاهري للشمس يساوي الحجم الظاهري للقمر فهناك تناسب بين بعديهما عن الأرض وأحجامهما بحيث يظهران لنا بحجمين متقاربين . ويتغير الحجم الظاهري لكليهما تبعا لقربهما أو بعدهما عن الأرض أثناء الدوران . المسافة بين الأرض والقمر تتراوح مابين ٣٦٢ ألف كم - ٤٠٦ ألف كم فإذا عرفنا أن طول منطقة الظل للقمر هو ٣٨٣ ألف كم فإنه يصبح من المؤكد تحت ظروف معينة أن مخروط الظل للقمر سيغطي جزءا من سطح الأرض وبالتالي فإن الواقف في هذه المنطقة سيرى كسوفا كليا كما هو مبين في شكل(٣-١٣) ، أما الواقف في منطقة شبه الظل فإنه يرى كسوفا جزئيا للشمس .

وقد يحدث أن نشاهد منظرا رائعا لحلقة رفيعة من حافة الشمس قبل أن تختفي تماما ويسمى هذا المنظر بالحلقة الماسية (أنظر شكل (٣-١٤)) ، وعند حدوث كسوف كلي للشمس فإن السماء تصبح داكنة بحيث يمكننا في هذا الوقت رؤية الكواكب اللامعة وبعض النجوم . وتظهر لنا منطقة الكورونا أو بمعني أصح الجزء الخارجي لغلاف الشمس . ولايستمر الكسوف الكلي أكثر من ٧٫٥ دقيقة . وإذا كان القمر بعيدا عن الأرض بحيث كان مخروط منطقة الظل ينتهي قبل أن يصل إلى سطح الأرض فإن الواقف تحته من الممكن أن يشاهد كسوفا حلقيا للشمس . لقد تم حساب



شكل (٣-١٥) مجموعة متتابعة من الصور تبين دخول القمر على قرص الشمس
أثناء حدوث كسوف كلي للشمس، وفي الوسط نشاهد الكسوف الكلي للشمس

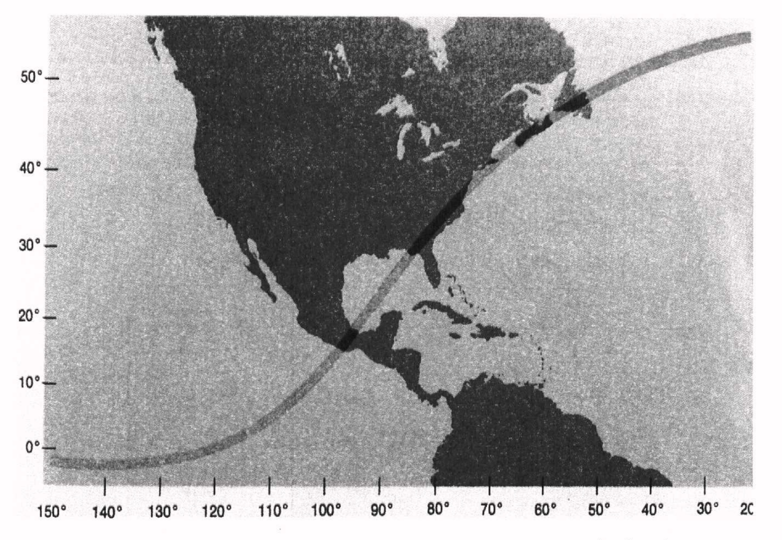
كسوف الشمس على مدى أعوام قادمة وأماكن حدوثه حتى يستطيع الفلكيون أن يعدوا أنفسهم لرصده وتحقيق أكثر مايمكن من الفائدة ، وأكبر مدى لاتساع مخروط ظل القمر على سطح الأرض هو حوالي ٢٦٩ كم . ويبين الجدول التالي أوقات حدوث الكسوف في الأعوام ١٩٩٤ وحتى عام ٢٠١٧ ميلادية .

أوقات وأماكن حدوث الكسوف الكلي للشمس
في الفترة من ١٩٩٥ وحتي ٢٠١٧ ميلادية

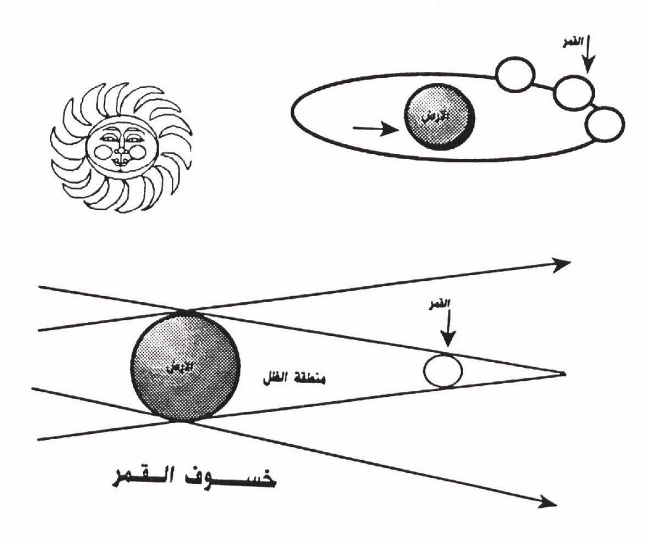
الوقـــــــت	المكـــــــان
٣ نوفمبر ١٩٩٤	شمال أمريكا
٢٤ أكتوبر ١٩٩٥	شرق اسيا
٩ مارس ١٩٩٧	سيبيريا والدائرة القطبية الشمالية
٢٦ فبراير ١٩٩٨	وسط أمريكا
١١ أغسطس ١٩٩٩	وسط أوروبا ووسط اسيا
٢١ يونيو ٢٠٠١	جنوب المحيط الأطلنطي وجنوب أفريقيا
٤ ديسمبر ٢٠٠٢	جنوب أفريقيا والمحيط الهندي
٢٩ مارس ٢٠٠٦	جنوب المحيط الأطلنطي ، افريقيا والشرق الأوسط
١ أغسطس ٢٠٠٨	دول إسكندنافيا وشمال المحيط الأطلسي والإتحاد السوفيتي
٢٢ يوليه ٢٠٠٩	أندونيسيا وجنوب الباسيفيك
١١ يوليه ٢٠١٠	جنوب الباسيفيك
١٣ نوفمبر ٢٠١٢	جنوب الباسيفيك
٢٠ مارس ٢٠١٥	شمال الاطلنطي
٢١ أغسطس ٢٠١٧	أمريكاوالمحيط الأطلنطي

خسوف القمر:

يحدث خسوف القمر عندما يكون واقعا في منطقة ظل أو شبه الظل للأرض ، كما هو مبين في شكل(٣-١٧) . إن مخروط ظل الأرض يمتد لمسافة ١٫٣٨ مليون كم وبالتالي فإن دائرة الظل عند



شكل (٣-١٦) الأماكن التي رئى فيها كسوف الشمس الكلي في عام ١٩٧٠ ميلادية . وبهذه الطريقة ترسم خريطة تفصيلية عن كل كسوف للشمس أو خسوف للقمر قبل حدوثه.



شكل (٣-١٧) خسوف القمر

القمر تكون ذات نصف قطر حوالي ٩٧٠٠ كم ولهذا فإن القمر (نصف قطره ٣٤٧٦ كم) يمكن أن يدخل بسهولة داخل منطقة ظل الأرض ٠ وتمتد منطقة شبه الظل إلى ١٦ ألف كم ٠ عندما يدخل القمر منطقة شبه الظل يخفت ضوؤه وحينما يبدأ في الدخول في منطقة الظل فإن الخط الفاصل بين منطقة الظل وشبه الظل يظهر جلياعلى سطح القمر ٠ وحينما يكون القمر داخل منطقة الظل فإن لونه يكون أحمر داكنا ، كما في شكل(٣-١٨) ، وقد يختفي جزء من سطحه تماما٠ والسبب في الحمرة هو أن أشعة الشمس المنعكسة من سطح الأرض والتي تسقط على القمر تكون في مدي الطول الموجي الأحمر ولذلك يظهر القمر بلون فيه حمرة ٠ وتستمر فترة خسوف القمر لحوالي ساعة وأربعون دقيقة على أكثر تقدير وهو وقت طويل بالمقارنة مع فترة مكث كسوف الشمس. .

متى تحدث ظاهرتا الكسوف والخسوف؟

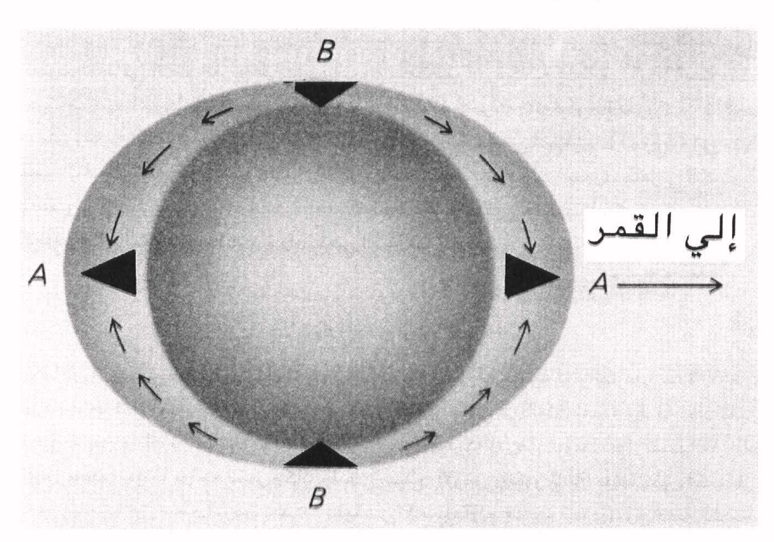
قد يظن الإنسان أنه لابد وأن يقع كسوف للشمس عند بداية الشهر القمري وأن يحدث كذلك خسوف للقمر حينما يصل لطور البدر ولكن الحقيقة أن ذلك لايحدث دوما ٠ لأن مستوى دوران القمر حول الأرض يميل على مستوى دوران الأرض حول الشمس بخمس درجات ٠ ويلتقي المستويان عند نقطتين تسميان عقدتان ، وحينما يكون القمر والشمس قريبين من عقدة ما في نفس الوقت فإنه يحدث خسوف (أو كسوف)، وتمر الشمس مرة كل ستة أشهر بالقرب من واحدة من العقدتين ويسمى وقت قرب الشمس من أحد العقدتين بموسم الكسوف والخسوف ٠ أما القمر فإن مداره يتغير بشكل منتظم نتيجة لتأثير جاذبية الشمس عليه (كما يحدث في مدار القمر الصناعي)، فتتحرك العقد في اتجاه الغرب على دائرة البروج بحيث تتم دورة كاملة كاملة في ١٨٫٦ سنة وهذه الحركة تسمى الحركة التراجعية للعقد ٠ ونتيجة لهذه الحركة فإنه ليس بالضرورة أن يتواجد الشمس والقمر بالقرب من أحد العقدتين معا ، هذا بالإضافة إلى اضطرابات أخري يعاني منها القمر أثناء حركته ٠ ومما هو جدير بالذكر أن مجموع عدد مرات حدوث ظاهرتي الكسوف والخسوف لا يزيد عن سبع مرات في العام الواحد وأغلبها يكون خسوفا أو كسوفا جزئيا أما الكسوف الكلي للشمس فيحدث مرة واحدة في السنة في المتوسط .

ظاهرة المد والجزر Tides

كما أن الأرض تجذب القمر وتجعله يدور حولها فإن القمر له جاذبية يؤثر بها على مادة الأرض، ولأن المسطحات المائية مائعة فإنها تنجذب ناحية القمر ، وهي في الوقت نفسه واقعة تحت تأثير جاذبية الأرض ولذلك تحدث ظاهرة المد والجزر ، ونتيجة لحركة الأرض اليومية حول نفسها فإن المد والجزر يحدث حينما يواجه القمر مكانا ما على سطح الأرض ويتكرر ثانية حينما يكون القمر في الجهة المضادة من سطح الأرض بعد ٢٥ دقيقة و ١٢ ساعة(نصف يوم قمري). وجاذبية الشمس تساعد على تقوية المد والجزر وإن كان تأثيرها أقل من تأثير القمر لقربه من الأرض أكثر منها ، ولذلك يمكننا القول إن المد والجزر في أعلى قيمة له إذا كان القمر في طور المحاق والبدر بحيث يكون



شكل (٣-١٨) منظر لخسوف القمر حيث يظهر بلون أحمر داكن وقد اختفى أغلبه



شكل (٣-١٩) تؤدي جاذبية القمر على الأرض إلى حدوث فلطحة في المسطحات المائية فترتفع المياه في كلا من الجهة المقابلة للقمر وفي الناحية المعاكسة كما هو مبين في الشكل

تأثيره والشمس في اتجاه واحد بينما يكون المد والجزر في أقل قيمة له حينما يكون القمر في التربيعين الأول والثالث حيث يكون تأثيره معاكسا لتأثير الشمس وهذا يعني أن المد والجزر يكون عاليا مرتان في الشهر القمري ويكون منخفضا أيضا مرتان في الشهر القمري كما أن المد والجزر يكون عاليا في المسطحات المغلقة أكثر مما يكون في المحيطات والمسطحات المائية الواسعة حيث تضعف الرياح تأثير المد والجزر. وبلا شك يزداد المد والجزر إذا كان القمر في أقرب نقطة من الأرض في مساره عما يكون الحال عندما يصبح القمر في أبعد نقطة وإن كان التغير يعتبر طفيفا حيث إن إهليجية مدار القمر تعتبر قليلة ولذلك فإن الفارق بين أبعد وأقرب نقطة للقمر في مساره من الأرض غير مؤثر بدرجة واضحة.

من أجلّ التطبيقات التي يستخدم فيها علم الفلك الكروي تلك المسائل المتعلقة بالعبادات كحساب مواقيت الصلاة وبداية الشهور العربية وغيرها من المسائل الفرعية والتي لا غني عن معرفتها ونذكر فيما يلي أهم هذه المسائل بشئ من الاختصار ودون الخوض في تفاصيل الحسابات فإنها تحتاج إلي خبرة في الحسابات الفلكية .

تحديد إتجاه القبلة

قال تعالي : «قد نرى تقلب وجهك في السماء فلنولينك قبلة ترضاها، فولّ وجهك شطر المسجد الحرام وحيثما كنتم فولوا وجوهكم شطره». وعن ابن عباس رضي الله عنهما أن النبي صلي الله عليه وسلم قال: البيت قبلة لأهل المسجد ، والمسجد قبلة لأهل الحرم، والحرم قبلة لأهل الأرض في مشارقها ومغاربها من أمتي .

لا شك أن اتجاه القبلة للصلاة من الأمور المهمة التي يحتاجها المسلمون في جميع أنحاء الأرض. والاطمئنان إلي دقة حسابها شئ له أهميته خصوصا عند بناء المساجد. ويمكن تحديد القبلة عن طريق حل مثلث كروي يربط بين الموقع الجغرافي للمسجد الحرام بمكة المكرمة، والموقع الجغرافي للمكان الذي نريد تحديد القبلة فيه والقطب الشمالي كما هو موضح في الرسم. نرمز لخطي عرض وطول المسجد الحرام بالرمز ع١ ، ط١ علي التوالي . ونرمز لخطي عرض وطول المكان بالرمزين ع ، ط علي التوالي. في هذه الحالة فإن الزاوية ق في شكل(٣-٢٠) تمثل زاوية اتجاه القبلة في المكان الذي نريد معرفة اتجاه القبلة فيه .

فإن زاوية اتجاه القبلة (ق) يمكن حسابها من المعادلة التالية :

$$\text{ظتا ق} = \frac{\text{جا}(٩٠-\text{ع})\ \text{ظتا}(٩٠-\text{ع}١) - \text{جتا}(٩٠-\text{ع})\ \text{جتا}(\text{ط}١-\text{ط})}{\text{جا}(\text{ط}١-\text{ط})}$$

ومن المثلث نلاحظ أن (ق) تقاس من الشمال الجغرافي شرقاً أو غرباً تجاه المسجد المراد تحديد قبلته. وحيث إن خط عرض المسجد الحرام بمكة المكرمة معلوم وقدره : ع١ = ٦ر١٥ً ٢٥َ ٢١ شمالاً

وكذلك خط طول المسجد الحرام بمكة معلوم وقدره : ط١= ١ر٢٩ً ٤٩َ ٣٩° شرقاً

أما خط العرض وخط الطول للمسجد المراد إنشاؤه فيمكن حسابه عن طريق أرصاد فلكية أو ربطه بشبكة المثلثات الجيوديسية القريبة من المسجد . وبالتعويض في معادلة(٣-١) يتم حساب اتجاه القبلة لأي مسجد بدقة عالية. إذا كانت الزاوية ق سالبة فإنها تقاس من اتجاه الجنوب وإن كانت موجبة تقاس من الشمال الجغرافي .

مثال : إذا كان خطي الطول والعرض لمدينة أبوظبي هما على التوالي :

ط = ٢١َ ٥٤° شرقاً ع = ٢٩َ ٢٤° شمالاً

فما هي زاوية واتجاه القبلة لمدينة أبوظبي؟

نعيد كتابة خطوط الطول والعرض بالدرجات فقط على الشكل التالي:

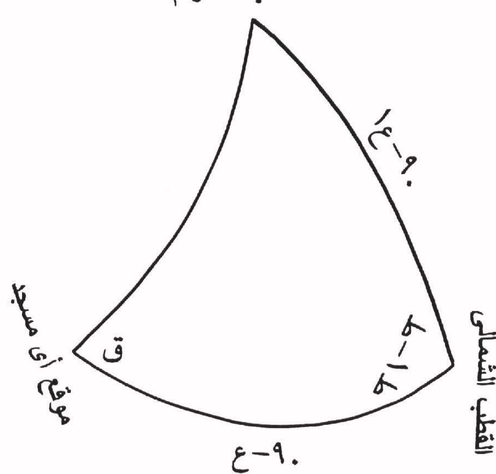
ط = ٣٥ر٥٤° ع = ٤٨٣ر ٢٤°

ط ١ = ٨٢٥ر ٣٩° ع١ = ٤٢ر٢١°

وبالتعويض في معادلة (٣ - ١) نحصل على أن قيمة زاوية اتجاه القبلة هي :

ق = ٥ر ٢٥ ٤ ٨٠°

أي أن زاوية القبلة لمدينة أبوظبي هي حوالي ٨٠° درجة من الشمال مقاسة في اتجاه الغرب .



شكل (٣-٢٠) تحديد اتجاه القبلة. يستخدم المثلث الكروي في تحديد اتجاه القبلة وتعبر (ق) عن الزاوية بين مكة المكرمة ومكان المسجد المقام الذي نريد معرف اتجاه القبلة فيه مقاسة من اتجاه القطب الشمالي.

بداية الشهور العربية

من المعلوم أهمية معرفة بداية الشهر العربي وبصفة خاصة في بداية شهر رمضان ٠ وظاهرة ميلاد القمر على شكل هلال يحسبها الفلكيون لمدة عام كامل بل إنه من الممكن حسابها لعدة أعوام قليلة في المستقبل ٠ ومما رواه البخاري ومسلم عن أبي هريرة أن النبي محمد صلي الله عليه وسلم قال : «صوموا لرؤيته وأفطروا لرؤيته فإن غم عليكم فأكملوا عدة شعبان ثلاثين يوما»٠ وهذا الحديث يبين أنه كي نحدد بداية الشهر فإننا نحتاج إلى رؤية الهلال ٠ ورؤية الهلال بعد ولادته يحتاج إلى شروط أخرى إضافية غير لحظة ميلاد القمر بعد أن كان محاقاً ، فمن المعروف من الناحية الفلكية أن القمر من الممكن أن يكون قد ولد ولكن ليس من اللازم أن نراه ٠ ولذلك تم وضع مجموعة من الشروط حتى تتم عملية الرؤية دون خلط أو حدوث خطأ ، وهذه الشروط هي كمايلي :

١ – نتأكد من يوم ولادة القمر ٠

٢ – نقارن بين أوقات غروب كل من الشمس والقمر في يوم ولادة القمر ٠ وحتى يتم التأكد من صحة الحسابات نقارن بين أوقات غروب الشمس والقمر قبل وبعد يوم الولادة بيوم٠ فإذا كان غروب القمر سابقا لغروب الشمس أو قريبا من غروبها فإن الرؤية تستحيل ٠

٣ – كلما ازدادت فترة مكث القمر بعد غروب الشمس كان احتمال الرؤية أكبر.

٤ – لابد وأن يكون الجو صافيا ٠

٥ – على الراغب في رؤية الهلال أن يبحث عن مكان مناسب للرؤية بحيث يكون بعيدا عن الأضواء ويكون مرتفعا لكي يكون مستوى الأفق واضحا ٠

وينبغي ملاحظة أن المطالع تختلف حسب مكان المشاهد على سطح الأرض ٠

حساب مواقيت الصلاة

قال الله عز وجل : «إن الصلاة كانت على المؤمنين كتابا موقوتا»٠ وعن جابر بن عبدالله أن النبي صلى الله عليه وسلم جاءه جبريل عليه السلام فقال له : «قم فصله ؛ فصلى الظهر حين زالت الشمس ، ثم جاءه العصر فقال : قم فصله ، فصلى العصر حين صار ظل كل شيء مثله ، ثم جاءه المغرب فقال : قم فصله ، فصلى المغرب حين وجبت الشمس ، ثم جاءه العشاء فقال : قم فصله ، فصلى العشاء حين غاب الشفق ، ثم جاءه الفجر حين برق الفجر – أو قال سطع الفجر – ثم جاءه من الغد فقال : قم فصله ، فصلى الظهر حين صار ظل كل شيء مثله ، ثم جاءه العصر فقال : قم فصله ، فصلى العصر حين صار ظل كل شيء مثليه ، ثم جاءه المغرب وقتا واحدا لم يـــزل عنه ، ثم جاءه العشاء حين ذهب نصف الليـل ، أو قال ثلث الليل ، فصلى العشاء ، ثم جاءه حين أسفر جدا فقال : قم فصله ، فصلى الفجر ثم قال : مابين هذين الوقتين وقت» رواه أحمد والنسائي والترمذي ٠ وقال البخاري: هو أصح شيء في المواقيت٠ وتبعا لما في هذا الحديث من

توقيت يمكننا أن نحدد مواقيت الصلاة بدلالة حركة الشمس ظاهريا (والأرض حقيقة) ، نرمز لارتفاع الشمس عن خط الأفق بالرمز (أ) .ونحدد بداية مواقيت الصلاة كما في الخطوات التالية :

١ – بداية صلاة الظهر : حينما تكون الشمس في أعلي ارتفاع لها على دائرة المشاهد السماوية. وفي هذه الحالة يكون ظل الشيء أصغر مايمكن. ونلاحظ أن ظل الشيء يكون مساويا للصفر في بعض الحالات كمايلي :

أ– عند خط الاستواء في الاعتدالين حيث تكون الشمس عمودية .

ب– على مدار السرطان في أول الصيف الشمالي.

ج– علي مدار الجدي في أول الشتاء الشمالي.

وفيما عدا ذلك فان ظل الشمس يكون له قيمة أعلى من الصفر في وقت الظهر .

٢ – بداية صلاة العصر : ويمكن حسابه بتجربة بسيطة . وذلك بأخذ عصا وقياس طولها ونرمز له بالرمز (ل) ونقيس طول ظلها في بداية وقت الظهر ونرمز له بالرمز (ظ١). وبذلك فان وقت العصر يبدأ حينما يكون ظل العصا (ظ٢) مساويا لطول الظل وقت الظهر مجموعا على طول العصا . وهذا يكتب ببساطة على الشكل التالي :

ظل العصا في بداية وقت العصر = ظل العصا في بداية وقت الظهر + طول العصا

وهذه تكتب : ظ٢ = ظ١ +ل

وفي المذهب الحنفي يؤخذ ظلاّ العصا بدلا من ظلها .

٣ – بداية صلاة المغرب : حينما تنزل الشمس تحت الأفق تحين صلاة المغرب . وبالتالي يكون ارتفاع حافة الشمس العلوية عن خط الأفق مساويا للصفر .

٤ – بداية صلاة العشاء : يحسب وقت بداية صلاة العشاء حينما تكون الشمس تحت الأفق بمقدار ١٧,٥ درجة (أ = ١٧,٥ درجة). حيث إن الشفق ينتهي عند هذه الدرجة علي خلاف في الدول الإسلامية .

٥ – بداية صلاة الفجر: برصد وقت سطوع الفجر وضع الفلكيون شرطا لبداية الفجر وهو أن تكون الشمس تحت الأفق بمقدار ١٩,٥ درجة علي خلاف في الدول الإسلامية.(أ = ١٩,٥ درجة)

ملخص

١ – تستخدم إحداثيات الأفق ونقطة السمت كإحداثيات محلية لمعرفة ارتفاع الشمس أو القمر .

٢ – لتحديد موقع نجم في السماء نستخدم إحداثيات خط الاستواء والقطب الشمالي علي الكرة السماوية .

٣ – الواقف عند خط الاستواء يري النجوم تتحرك رأسيا (في حركتها اليومية).

٤ – الواقف عند القطب الشمالي أو الجنوبي يري النجوم تتحرك أفقيا (في حركتها اليومية).

٥ – توجد طرق عديدة لإثبات دوران الارض حول الشمس .

٦ – تتغير فصول السنة علي الأرض بسبب الزاوية بين محوري الأرض.

٧ – نري القمر في المنازل المختلفة تبعا لزاوية رؤيتنا للنصف المضاء من القمر.

٨ – تحدث ظاهرة كسوف الشمس إذا وصل مخروط ظل القمر إلي جزء من الأرض.

٩ – تحدث ظاهرة خسوف القمر إذا دخل في مخروط ظل الأرض .

١٠ – يمكن تحديد أوقات وأماكن كسوف الشمس أو خسوف القمر .

١١ – ظاهرة المد والجزر دليل علي تأثير جاذبية القمر علي الأرض.

١٢ – يمكن وضع شروط لضبط عملية رؤية هلال بداية الشهر العربي .

أسئلة الباب الثالث

١ – ماسبب تغير منظر النجوم أثناء السنة ؟

٢ – عرف كلا من :

اليوم النجمي – اليوم الشمسي – خط الاستواء – الشهر العربي – ميل دائرة البروج ٠

٣ – لماذا تتغير فصول السنة على الأرض ؟

٤ – سافر شخص من خط الاستواء إلى القطب الشمالي في أول الصيف ٠ صف التغيرات التي يجدها من حيث الحرارة وطولي النهار والليل في خطوط العرض المختلفة ٠

٥ – متى وأين تكون أشعة الشمس عمودية في وقت الظهر ؟

٦ – كيف نفسر منازل القمر ؟

٧ – ما شروط رؤية هلال أول الشهر العربي ؟

٨ – كيف يمكن تحديد مواقيت الصلاة ؟

٩ – كيف نحسب اتجاه القبلة ؟

١٠ – لايحدث الكسوف والخسوف كل شهر ٠ فسر ذلك ٠

علل النقاط التالية :

١ – اليوم النجمي يختلف عن اليوم الشمسي ٠

٢ – حدوث ظاهرة كسوف الشمس ٠

٣ – ظهور الهلال في أول الشهر القمري ٠

٤ – الواقف عند خط الاستواء يرى النجوم تتحرك رأسيا ٠

٥ – نرى القمر في المنازل المختلفة ٠

٦ – لايدور القمر حول نفسه في مدة تساوي الشهر القمري ٠

٧ – خسوف القمر يستمر فترة أطول من كسوف الشمس ٠

٨ – يتأخر ظهور القمر كل يوم ٥٠ دقيقة ٠

أجب بصح أو بخطأ ثم صحح الخطأ :

١ – نقطة السمت تكون عمودية على خط الاستواء.

٢ – خط العرض يمثل الزاوية بين مدينة جرينتش والمدينة التي نريد قياس موقعها.

٣ – الفرق بين اليوم النجمي واليوم الشمسي ساعتان.

٤ – تكون الشمس عمودية على مدار السرطان في أول الربيع.

٥ – تحدث ظاهرتا الكسوف والخسوف مرة كل ستة أشهر.

٦ – حينما يكون هناك ليل على القطب الشمالي يكون هناك نهار على القطب الجنوبي في أول الخريف.

٧ – يبدأ وقت صلاة العصر حينما يكون ظل الجسم = طول ظله وقت الظهر – طول الجسم.

٨ – يكون القمر بدرا حينما تكون الأرض بينه وبين الشمس .

٩ – القطب الشمالي يكون عموديا على دائرة البروج .

١٠ – خط الطول لأي مدينة يعبر عن الزاوية بينها وبين خط الاستواء .

١١ – الواقف على خط الاستواء يرى النجوم تتحرك أفقيا.

١٢ – عند خط عرض الدائرة المتجمدة الشمالية لا تغرب الشمس لمدة ٢٤ ساعة في أول الخريف.

علل باختصار :

١ – لا يحدث كسوف الشمس مرة كُل شهر.

٢ – لا يحدث كسوف الشمس مرة كل ٦ أشهر .

٣ – لا يرى كسوف الشمس جميع سكان الأرض.

الباب الرابع

التلسكوبات

الباب الرابع
التلسكوبات

الراصد الشامي من أبرز العلماء الذين لمعوا في الفلك وصناعة آلات الرصد. (توفى سنة ١٥٨٥ ميلادية).



شكل (٤-١) تلسكوب راديوي في منطقة توسون بأمريكا
لقد أصبحت التلسكوبات الراديوية ذات أهمية كبيرة لقدرتها على رصد السحب بين نجمية وما يدور فيها من تطور للنجوم حديثة التكوين

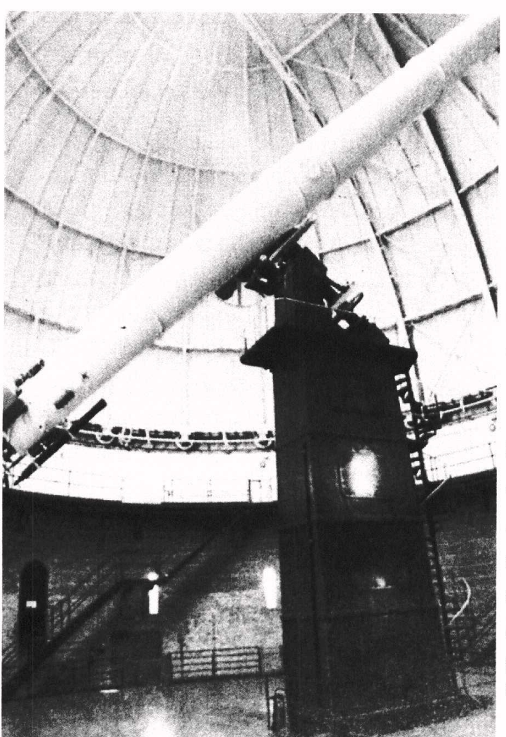
إذا نظرنا إلي السماء فسنري أعدادا هائلة من النجوم . ولكن كيف استطاع الإنسان دراسة النجوم؟ النجوم تري بما ترسله من أشعة، وبقدر مايصلنا من هذا الضوء بقدر مانري النجم لامعا، وفي الحقيقة ترى أعيننا فقط الضوء المرئي ، بينما ترسل النجوم أشعة مرئية وغير مرئية ، ولذلك لابد من معرفة الأشعة التي تخرج من النجوم وغيرها من أجرام السماء ، ووسيلتنا في رصد النجوم هي التلسكوبات والتي تطورت بدورها لتستطيع أن تستقبل الأشعة المختلفة من النجوم ، ولذلك أصبح لدينا تلسكوبات للضوء المرئي وللأشعة الراديوية وغير ذلك الكثير من أنواع التلسكوبات ، وفيما يلي نبدأ بدراسة ألوان الطيف المختلفة ثم أنواع التلسكوبات.

ألـــوان الطيـــف

تشمل الأشعة الكهرومغناطيسية أنواعا كثيرة من الموجات بالإضافة إلى الضوء المرئي الذي تستقبله أعيننا ٠ فهناك من خطوط الطيف ماهو أطول من خطوط طيف الضوء المرئي مثل الموجات الراديوية كما أن هناك موجات قصيرة جدا مثل الأشعة السينية وأشعة جاما ٠ وفي الجدول التالي نبين الأشعة المختلفة ومسمياتها وأطوالها الموجية والمصدر الذي يمكن أن تخرج منه في الكون ودرجة حرارة هذا المصدر ٠

نوع الأشعة	الطول الموجي (بالمتر)	درجة حرارة (درجة مطلقة)	المصدر
جاما	$١٠^{-١١}$	أكثر من $١٠^{٨}$	بعض التفاعلات النووية
الأشعة السينية (X)	$١٠^{-٨}$ – $١٠^{-١١}$	$١٠^{٦}$ – $١٠^{٨}$	النجم النيوتروني / الثقب الأسود
فوق البنفسجية (UV)	٤×١٠^{-٧} – $١٠^{-٨}$	$١٠^{٥}$ – $١٠^{٦}$	سوبر نوفا، بعض النجوم الساخنة
الضوء المرئي	٤×١٠^{-٧} – ٧×١٠^{-٧}	$١٠^{٣}$ – $١٠^{٥}$	النجـــوم
تحت الحمراء (I R)	٧×١٠^{-٧} – $١٠^{-٣}$	١٠ – $١٠^{٣}$	الكواكب والأقمار والسحب بين نجمين
راديوية	أطول من $١٠^{-٣}$	أقصر من ١٠	الكترون يتحرك في مجال مغناطيسي

جدول (٤-١) الأشعة الكهرومغناطيسية .



شكل (٤-٢) تلسكوب ٤٠ بوصة وهو من تلسكوبات الضوء المرئي

أنواع التلسكوبات

تعتبر التلسكوبات الأداة الأساسية التي يستخدمها الفلكيون في رصد النجوم والأجرام في السماء ، وقد تطورت التلسكوبات كثيرا وتنوعت مما ساعد على رصد الأجرام البعيدة باستخدام نطاقات مختلفة من الطيف ، وتختلف التلسكوبات تبعا لما تستقبله من أشعة ، فمنها مايعمل في الضوء المرئي ومنها مايعمل في مدى الأشعة الراديوية أو غير ذلك ٠ ومهمة التلسكوب ليست هي بالدرجة الأولي تكبير الصورة كما يظن البعض ولكن الوظيفة المهمة للتلسكوب تتلخص في القدرة على تجميع وتركيز الأشعة الصادرة من الأجرام البعيدة وتكوين صورة واضحة يمكن التعامل معها .

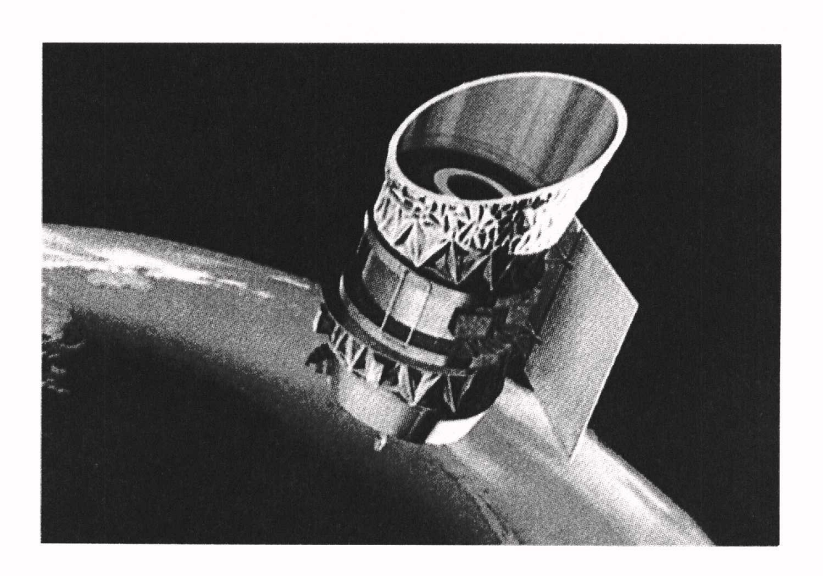
مهام التلسكوب

للتلسكوب عدة مهام نبينها فيما يلي :

١- المهمة الأولي للتلسكوب هي جمع الضوء ويساعدنا علي ذلك اختبار الصورة المتكونة عند البؤرة. وما نحتاجه لبناء تلسكوب هو عدسة أو مراية تسمي شيئيه وهي التي تجمع الأشعة عند البؤرة . وتوضع عدسة تسمي العينية خلف البؤرة لرؤية صورة الجسم أو توضع كاميرا عند البؤرة لالتقاط الصورة أو أن يوجه الضوء المتكون عند البؤرة إلي جهاز الطيف . وكفاءة التلسكوب في

تجميع الضوء تعتمد علي مساحة مراة الشيئية والمساحة تعتمد بدورها علي مربع قطر المراة . وهذا هو السر في أن التلسكوبات الأكبر هي الأفضل لأنها ستكون أقدر علي تجميع كمية أكبر من الضوء أكثر من غيرها .

٢- والمهمة الثانية للتلسكوب هي القدرة علي تفريق و تحليل صور الأجسام البعيدة عن بعضها البعض . وهذه تسمي قدرة التفريق للتلسكوب . ونحدده بأقل زاوية بين نقطتين يمكن تفريقهما عن بعض بوضوح ، فمثلا تلسكوب ١٠ سم له قدرة تفريق ١,٤ ثانية قوسية . ولو نظرنا بهذا التلسكوب لجسمين يبعدان عن بعضهما بمسافة تزيد عن ١,٤ ثانية قوسية فسنري النجمين ، أما إذا كانت المسافة بينهما أقل من ذلك فسنري النجمين كجسم واحد . وعملية التفريق تعتمد علي قطر الشيئية أيضا . فكلما زاد قطر التلسكوب زادت كفاءته في التفريق . ولكن عملية حيود الضوء تقلل من كفاءة التلسكوب كما أن الغلاف الجوي يلعب دورا كبيرا في قليل كفاءة التلسكوبات من هذه الناحية .



شكل (٤-٣) صورة رسمها فنان للقمر الصناعي الفلكي والمعروف بـ Iras وهو مخصص لدراسة الأشعة تحت الحمراء. ولقد ساعد هذا القمر على إثراء معلوماتنا عن السحب بين النجمية وبصفة خاصة تلك التي تحوي نجوماً تحت التكوين

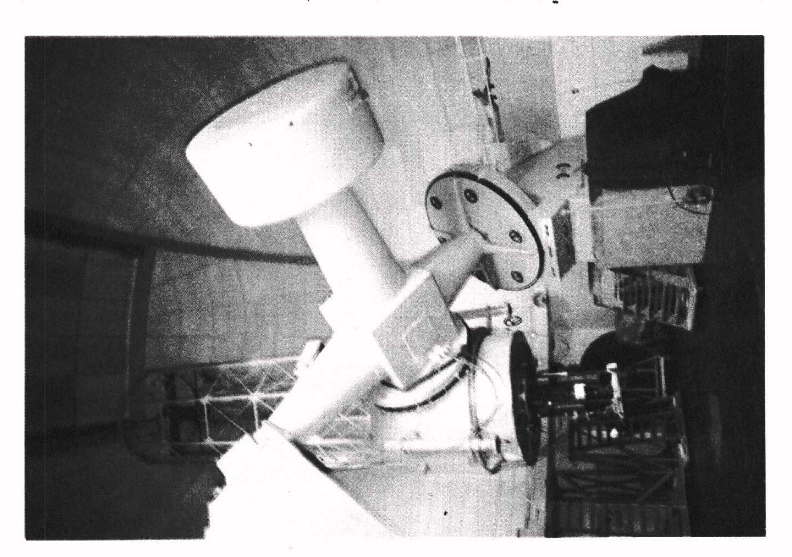
٣- المهمة الثالثة للتلسكوب هي تكبير الصورة . وهذه المهمة تعتمد علي البعد البؤري للشيئية والبعد البؤري للعينية . ولذلك فإن تغيير العينية يعني تغيير القوة التكبيرية للتلسكوب . وكلما قصر البعد البؤري للعينية ازدادت قوة التكبير . فلو اخذنا عينية بعدها البؤري نصف السابقة لها حصلنا علي قوة تكبير مضاعفة .

بالطبع لا يحتاج فلكيو اليوم للنظر إلي السماء بأعينهم من خلال التلسكوب وإنما يضعون كشافات Detectors عند بؤرة التلسكوب . والكشاف عبارة عن جهاز حساس للضوء باستخدام أفلام فوتوغرافية حساسة أو أن يكون كشافا الكترونيا مشابها لكاميرا التليفزيون .

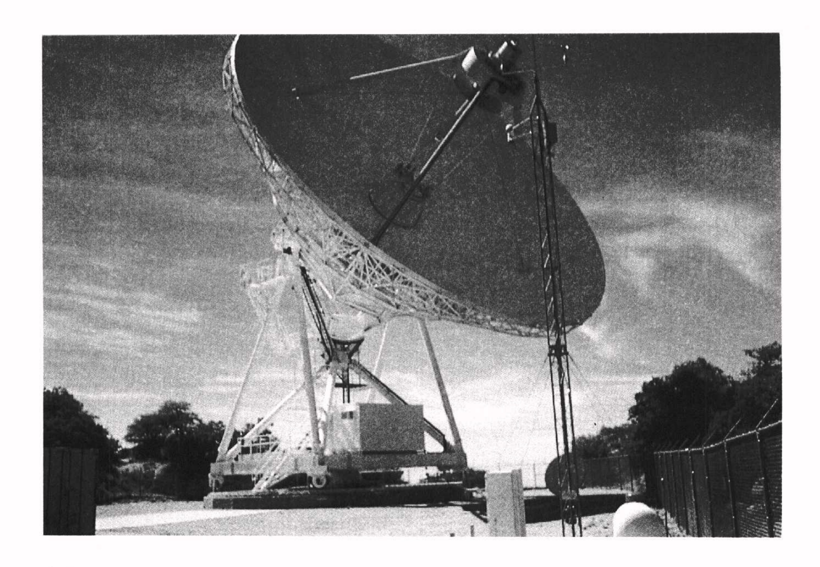
وفيما يلي نتكلم عن الأنواع المختلفة .

١ - تلسكوبات الضوء المرئي .

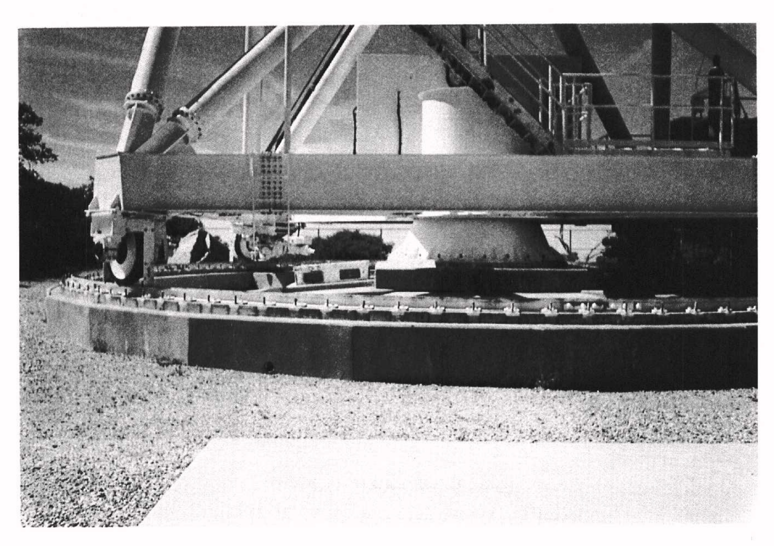
كانت تلسكوبات الضوء المرئي أول أنواع التلسكوبات التي استخدمها الفلكيون . من المعروف في علم الضوء أن شعاع الضوء يحدث له انعكاس في المرايا وانكسار في العدسات وعلي هذا الأساس فإن تلسكوبات الضوء المرئي إما إن تكون عاكسة (تستخدم مرايا) أو أن تكون كاسرة (تستخدم



شكل (٤-٤) مرصد القطامية بمصر
ويبلغ قطر المرآة ١ متر. وقد تم تزويده بأحدث الأجهزة المساعدة



شكل (٤-٥) واحد من أكبر التلسكوبات الراديوية في العالم وهو موجود بمرصد كيت بيك بأمريكا



شكل (٤-٦) صورة مقربة للعجلات والحوامل التي تحمل التلسكوب الراديوي المبين في شكل (٤-٥)

عدسات) . وأغلب التلسكوبات شيوعا من النوع العاكس لأنه أقل تكلفة وأسهل في التصنيع . فالمرايا أسهل في التصنيع من العدسات. كما أن أكبر التلسكوبات في العالم من النوع العاكس أيضا.

وقد حدث تطور كبير في صناعة التلسكوبات والأجهزة المساعدة فتتميز التلسكوبات الحديثة بصغر الحجم وأنها أكثر صلابة واستقرارا كما انها أرخص . كما تم التعرف علي تكنولوجيا جديدة بحيث يتم في هذه الأيام إنتاج جيل جديد من التلسكوبات الضخمة والتي يكون لها عدة مرايا تعطى في النهاية كفاءة مرآة أكبر ومن الأمثلة علي ذلك تلسكوب كيك في أمريكا والمكون من عدة مرايا ذات كفاءة مماثلة لمرآة قطرها ١٠ متر. وتبني دول أوروبا معا تلسكوبا متعدد المريا قطره ١٦ مترا . وهذه التلسكوبات تتميز بقدرة عالية على رصد الأجسام البعيدة . ويستخدم الفلكيون أجهزة أخرى مساعدة وذلك لرفع كفاءة التلسكوب مثل أفلام شديدة الحساسية والكشاف الالكتروني (C C D) وكذلك أجهزة قياس الطيف وغير ذلك .

الأجيال الجديدة من التلسكوبات :

إن التقدم الهائل في تكنولوجيا التصميم والحاسبات الآلية والقفزة الواضحة في دراسة المواد ساعد علي النهوض بالتلسكوبات لنشهد في هذه الأيام جيلا جديدا من التلسكوبات . وأحد التغييرات التي حدثت في التلسكوبات الجديدة هي استخدام مرايا خفيفة ببعد بؤري قصير ، ومن أمثلة ذلك تلسكوب له قطر ٣,٥ متر في المكسيك ، ورغم قلة وزن المرآة إلا أنها أشد صلابة من ذي قبل كما أن بناء تلسكوبات ذات مرآة كبيرة ٨ أو ١٠ أمتار تعتبر من الأفكار الحديثة حيث يتم تركيب عدة مرايا تكون مجموع قوتها مكافئة لمرآة واحدة بقطر ١٠ أمتار مثلا . وهذه ما يعرف بالتلسكوبات المتعددة المرايا . وفي كيك بأمريكا يوجد تلسكوب ١٠ أمتار متعدد المرايا. فهو يتكون من ٣٦ مرآة سداسية الشكل بوزن ١٤,٤ طن وكل مرآة منها لها قطر ١,٨ متر وسمك ٧٥ ميلليمتر، ويتم التحكم في كل مرآة علي حدة بحيث تعطي الكفاءة المطلوبة في التصوير . ونظام التحكم في المرايا يمكنه أن يحرك أي مرآة مسافة ١/١٠٠٠ من سمك شعرة الإنسان !! بالطبع هذه دقة عالية في تحريك المرايا.

كما أن بناء تلسكوبات الضوء المرئي لتعمل في الفضاء يعني زيادة الكفاءة الرصدية. وأول هذه التلسكوبات تلسكوب هابل الفضائي HST وله مرآة ٢,٤ متر وقدرة تفريقه عشر ثانية قوسية وله بذلك قدرة على الرصد بكفاءة تزيد الف مرة عن التلسكوبات الأرضية . وقد أرسل لنا العديد من الصور التي نراها لأول مرة عن نويات المجرات والكوازار وغيرها الكثير . ومن أحلام الإنسان التي لا تتوقف أن يبني مراصد فوق سطح القمر.

٢ - التلسكوبات الراديوية.

الرصد في غير الضوء المرئي يمكن تقسيمه إلي جزءين :

١ - الرصد في الأشعة الراديوية أو تحت الحمراء

وهذا يتم بتلسكوبات أرضية .

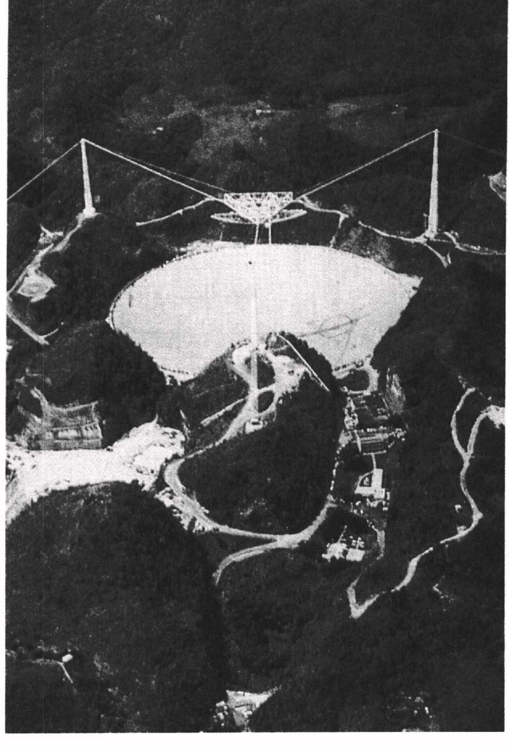
٢ - الرصد في الفضاء

وهو يتم عن طريق الصواريخ والبالونات والأقمار الصناعية ومركبات الفضاء والتلسكوبات الفضائية . وذلك للرصد في الأشعة فوق البنفسجية والسينية وتحت الحمراء وأشعة جاما والتي لا تصل إلي الأرض .

يستخدم التلسكوب الراديوي في رصد الأشعة الراديوية للنجوم ، وقد تم بناء كثير من هذه التلسكوبات في أماكن كثيرة من العالم ، وقد أصبح هذا النوع من التلسكوبات عظيم الأهمية حيث إن هناك أنواعا من المجرات تشع بصورة قوية في نطاق الأشعة الراديوية مثل مايعرف بالكوازار. كما أن الكشف عن كمية الإشعاع الراديوي الصادر من الأجرام السماوية يساعدنا في التعرف



شكل (٤-٧) مرصد كيت بيك وهو يحتوي على عدد كبير من التلسكوبات منها الضوئي ومنها التلسكوبات الراديوية



شكل (٤-٨) هذا أكبر تلسكوب راديوي في العالم حتى وقتنا هذا ويبلغ قطر طبقه ٣٠٥ متر

على تركيبها ، وأكبر هذه التلسكوبات له طبق ثابت وقطره ٣٠٥ متر وهو في بورنوريكو ، ويوجد في ألمانيا أكبر تلسكوب متحرك وقطره ١٠٠ متر .

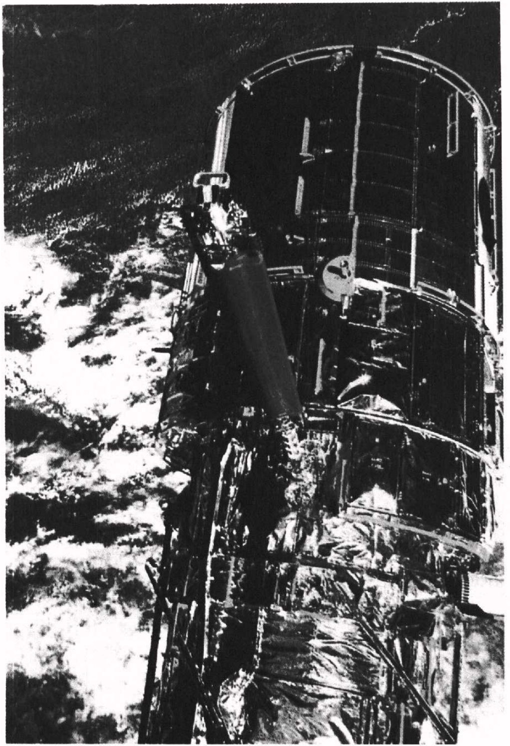
٣ - استخدام الرادار في الرصد.

في هذه الحالة يمكن أن نحدد نوع الأشعة المرسلة إلى النجم وبالتالي يمكن الكشف عن الأشعة المنعكسة منه ، وبهذه الطريقة يمكن تحديد بعد النجم بل ومن الممكن أيضا معرفة أشياء أخرى عن النجم كالحجم والشكل والتركيب . وقد تم استخدام الرادار بالفعل في دراسة المجموعة الشمسية. وأكبر تلسكوب راداري له مستقبل قطره ٣٠٥ متر .

٤ - تلسكوبات الأشعة تحت الحمراء .

و تشبه تلسكوبات الضوء المرئي إلا أنها تستخدم أنواعا مختلفة من الأفلام الحساسة وكذلك الكشاف من النوع CCD ، وفي الحقيقة فإن كفاءة الرصد في الأشعة تحت الحمراء زادت بصورة قوية من خلال الأقمار الصناعية مثل القمر الصناعي الفلكي للأشعة تحت الحمراء IRAS وهو مشروع دولي بين عدة دول لرصد الأشعة تحت الحمراء من ١٢ إلي ١٠٠ ميكرون بتلسكوب ٥٧ سم . وقد تم بواسطة هذا القمر رصد أكثر من ٢٠٠.٠٠٠ مصدر للأشعة تحت الحمراء ، وأغلبها مما يتعلق بتكوين النجوم داخل مجرتنا . كما أنه تم تركيب مطياف للأشعة تحت الحمراء على تلسكوبات الضوء المرئي حتى يمكن الرصد في هذا النطاق المهم من الأشعة ، وقد استخدمت الطائرات أيضا لتحمل تلسكوبات للرصد على ارتفاعات عالية ، وفي أوروبا قام الفلكيون بعمل مرصد للأشعة تحت الحمراء في الفضاء الخارجي ISO.

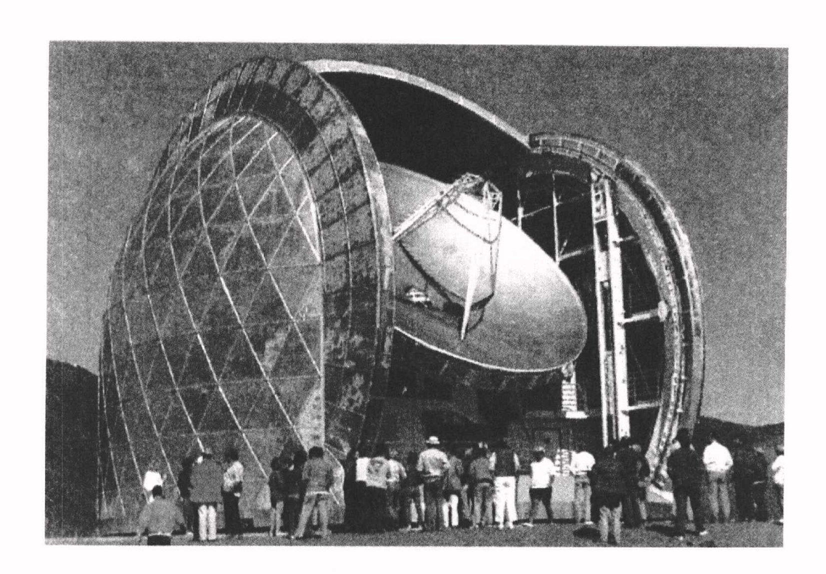
٥- الرصد في الأشعة القصيرة (فوق البنفسجية والاشعة السينية)



شكل (٤-٩) تلسكوب هابل وهو يسبح في الفضاء حول الأرض وهو أول تلسكوب ضوئي يرصد من خارج الغلاف الجوي، ورغم كبر كلفته إلا أنه قد تم بواسطته رصد صور نادرة وتفصيلية لنويات المجرات البعيدة وهو ما لم نستطيعه بواسطة التلسكوبات الأرضية.

لابد من رصد تلك الأشعة خارج الغلاف الجوي للأرض وذلك لأن الغلاف الجوي يمنع دخول هذه الأشعة تماما ، وبالفعل تم رصد هذه الأشعة بواسطة رحلات الفضاء. وأفضل تلسكوبات الأشعة فوق البنفسجية ذلك المسمي مكتشف الأشعة فوق البنفسجية IUE والذي بدأ العمل في عام ١٩٧٨ ومازال يعمل حتي الآن . وله تلسكوب ٠,٤٥ مترا وكشافات ترصد في الأطوال الموجية من ١١٥٠ أنجشتروم - ٣٢٠٠ أنجشتروم . ولقد تم الحصول على صور دقيقة من داخل الشمس أو من الكورونا ومايخرج منها من أشعة سينية ، كما أنه تم تجهيز مرصد لأشعة جاما للعمل في الفضاء الخارجي . وللرصد في الأشعة السينية وأشعة جاما فإنها تحتاج لتكنيك خاص ، وأفضل التلسكوبات التي تعمل في هذا المدي هو مرصد أينشتاين والذي أطلق في عام ١٩٧٨ وظل يعمل حتي ١٩٨١ . كما أطلق في عام ١٩٩٠ مشروع آخر بإسم ROSAT للغرض نفسه ومرصد أشعة جاما GRO.

وبهذه الأنواع المختلفة من التلسكوبات يمكن معرفة الكثير من المعلومات المهمة عن الأجرام في السماء وماتحتويه من أسرار.



شكل (٤-١٠) تلسكوب يعمل في منطقة الأشعة تحت الحمراء

ملخص :

١- علم الفلك مبني علي الأرصاد بشكل مبدئي . ولذلك اهتم الفلكيون ببناء المراصد وتحسين كفاءة التلسكوبات . فالتلسكوبات هي الوسيلة كي نري الأجسام البعيدة والخافتة . كما أنها ذات أهمية في القدرة علي تحليل الصور بدقة عالية .

٢- وتستخدم في تلسكوبات الضوء المرئي العدسات في حالة التلسكوبات الكاسرة ، والمرايا في حالة التلسكوبات العاكسة .

٣- لرصد صورة عند البؤرة نضع لوحا فوتوغرافيا أو جهازا لكشف الضوء عند بؤرة المرآة (أو العدسة) .

٤- للتلسكوبات ثلاث مهام وهي :

أ- تجميع الضوء وهي أهم وظيفة.

ب- تحليل تفاصيل الصورة .

ج- تكبير الصورة .

٥- القدرة علي تجميع الضوء تعتمد علي كبر التلسكوب

٦- تحليل تفاصيل الصورة يعتمد عكسيا علي قطر الشيئية وطرديا مع الأطوال الموجية التي نرصدها ، كما تؤثر عليه الاضطرابات الموجودة في الغلاف الجوي للأرض .

٧- قوة تكبير الصورة تعتمد علي البعد البؤري لكل من الشيئية والعينية.

٨- التلسكوبات الراديوية محدودة في تحليل الصورة ذلك لأن الأشعة الراديوية طويلة الموجة .

٩- الرصد من الفضاء الخارجي يسر السبيل في الرصد في الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء والسينية وأشعة جاما .

١٠- ترفع كفاءة التلسكوبات باستخدام كشافات حديثة وباستخدام الحاسبات الآلية.

١١- تم في الفترة الأخيرة صنع أجيال جديدة من التلسكوبات متعددة المزايا .

أسئلة الباب الرابع

١- ما الفارق بين التلسكوبات الراديوية وتلسكوبات الضوء المرئي ؟

٢- ما أنواع التلسكوبات ؟

٣- ما أنواع تلسكوبات الضوء المرئي ؟

٤- لماذا لا يمكن رصد الأشعة السينية من سطح الأرض ؟

٥- القيمة النظرية لكفاءة التلسكوب تختلف عن القيمة العملية له. علل ذلك .

٦- ما نوع الأشعة الكهرومغناطيسية التي تغطيها مشاريع الرصد في الفضاء الخارجي ؟

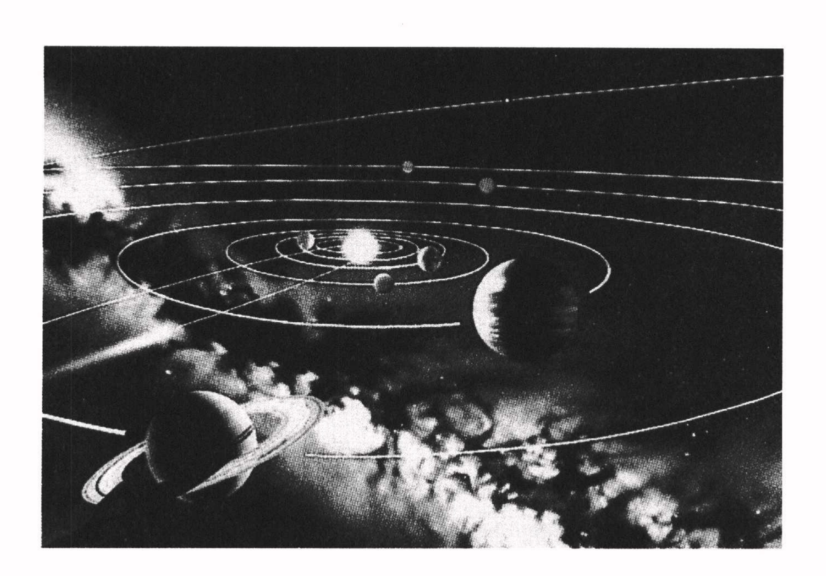
٧- هل توجد أجهزة مساعدة تستخدم علي التلسكوبات ؟ اذكر اثنين منها .

الباب الخامس

جولة سريعة في المجموعة الشمسية

الباب الخامس :
جولة سريعة في المجموعة الشمسية

قـــاس الحـــسن المراكـــشي خطوط الطول والعرض لواحد وأربعين مدينة (توفي سنة ١٢٦٢ ميلادية).



شكل (٥-١) صورة تخيلية للمجموعة الشمسية حيث تظهر الكواكب وهي تتحرك في مداراتها حول الشمس، وفي خلفية الصورة توجد مجرة درب التبانة، فمجموعتنا جزء من درب التبانة

وحدات فلكية:

لقياس أبعاد الكواكب والنجوم لا تصلح الوحدات العادية من الكيلومتر أو الميل والتي نستخدمها في حياتنا اليومية وذلك لضخامة المسافات بين الأجرام في الفضاء . ولذلك وضع الفلكيون وحدات أخرى مثل الوحدة الفلكية astronomical unit وهي عبارة عن المسافة بين الأرض والشمس :

الوحدة الفلكية (AU) = $١,٤٩ \times ١٠^{٨}$ كم

= ١٤٩ مليون كم

ولكن هذه الوحدة تستخدم فقط في قياس الأبعاد بين الكواكب وداخل المجموعة الشمسية . ولقياس أبعاد النجوم والمجرات تعتبر الوحدة الفلكية وحدة صغيرة ولذلك تم تعريف وحدتين أخريين لقياس أبعاد النجوم والأجرام البعيدة وهما : السنة الضوئية والبارسك Parsec . أما السنة الضوئية فهي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة :

السنة ضوئية = $٩,٤٦ \times ١٠^{١٢}$ كم

= $٦,٣٢٤ \times ١٠^{٤}$ وحدة فلكية

أما البارسك فهي زاوية اختلاف المنظر للنجم بين الشمس والأرض عندما تساوي ثانية قوسية واحدة ، وقد تم تحديد هذه الوحدة عن طريق رصد أي نجم مرتين والزمن بين الرصدتين يكون ستة أشهر ومن قياس الزاوية التي يصنعها نصف محور مدار الأرض حول الشمس يمكن حساب المسافة التي تكون عندها تلك الزاوية تساوي ثانية قوسية وتعرف تلك المسافة بالبارسك وهو وحدة أخري تستخدم لقياس المسافات بين النجوم وقيمة البارسك هي :

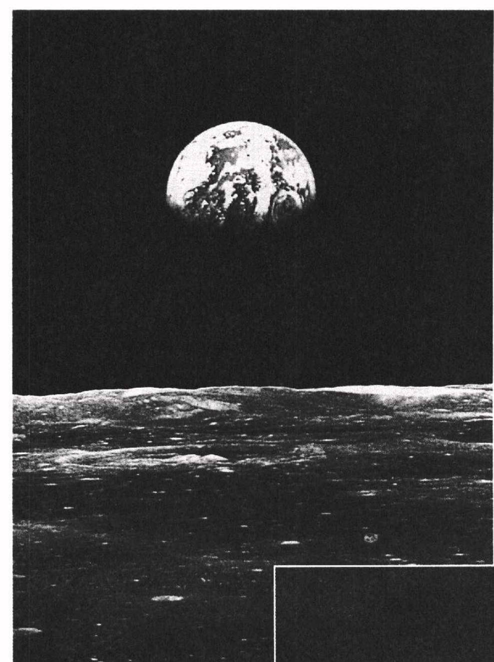
بارسك (Pc) = ٢٠٦٢٦٥ وحده فلكية (AU)

= $٣,٠٧ \times ١٠^{١٢}$ كم

= ٣,٢ سنة ضوئية

قوانين كبلر وقانون الجاذبية العام:

حاول الإنسان عبر العصور المختلفة أن يفهم كنه الأجرام في السماء وطريقة حركتها ، ولقد استطاع علماء المسلمين وعلي رأسهم ابن الشاطر فهم حركة الكواكب حول الشمس والقمر حول الأرض ومنذ وقتها وبعد أن تحولت الحضارة إلي الغرب توسع مفهوم الإنسانية لضوابط حركة الكواكب وللأسف الشديد فإن الغرب تناسي دور وأعمال علماء المسلمين ونسبوا نظرية حركة الكواكب حول الشمس لكبلر والذي جاء بعد ابن الشاطر بعدة قرون . وإليك قوانين الحركة والتي نوجزها لك فيما يلي:



شكل (٥-٢) الأرض كما تظهر من فوق سطح القمر



شكل (٥-٣) مركبة فضائية تنطلق من الأرض

١- القانون الأول : تتحرك الكواكب في مدارات إهليجية بحيث تكون الشمس في إحدى بؤرتي المدار.

٢- القانون الثاني : يمسح الخط الواصل بين الكوكب والشمس مساحات متساوية في فترات زمنية متساوية (انظر شكل (٥-٤)).

وهذا القانون يعني أن الكواكب تكون سريعة في حركتها إذا كانت قريبة من الشمس أثناء حركتها في مدارها حول الشمس كما أنها تكون بطيئة إذا كانت بعيدة في مدارها عن الشمس .

٣- القانون الثالث : يتناسب مربع الزمن الذي يتم فيه الكوكب دورة كاملة حول الشمس س مع مكعب بُعد الكواكب عن الشمس ب :

$$س^{٢} \propto ب^{٣}$$

وإذا أخذنا السنة الأرضية كوحدة للزمن وبُعد الأرض عن الشمس كوحدة للبعد فإن العلاقة السابقة تكتب على الشكل التالي:

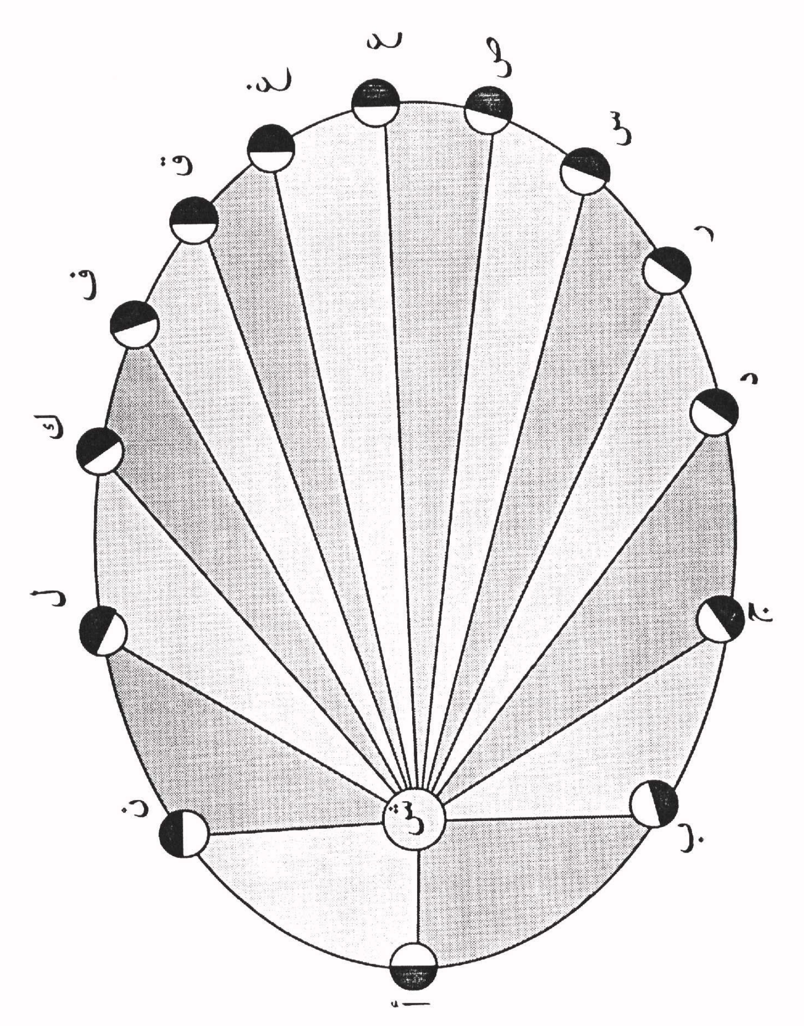
$$س^{٢} = ب^{٣}$$

وهذا القانون يوضح أن هناك علاقة بين بُعد الكوكب عن الشمس والزمن الذي يأخذه كي يتم دورة كاملة حول الشمس.

٤- قانون الجاذبية العام : تتناسب قوة الجاذبية ق بين جسمين لهما كتلتان مقدارهما ك١ ، ك٢ طرديا مع حاصل ضرب الكتلين وعكسيا مع مربع المسافة ب بينهما .

$$ق = ج \frac{ك_{١} ك_{٢}}{ب^{٢}}$$

حيث ج مقدار ثابت يسمى ثابت الجاذبية العام . ومن هذا القانون يتضح لنا أنه كلما زادت كتلة الجسمين أو أحدهما زادت قوة الجاذبية ومن ثم يزداد الوزن بشكل عام فالذي يقف علي القمر يشعر أنه أخف من وزنه علي الأرض أما إذا وقف علي كوكب المشتري فسيشعر أنه أثقل من وزنه علي الأرض وهكذا وقوة الجاذبية تقل كلما كان الجسم بعيدا عنا فقوة الجاذبية التي يؤثر بها القمر علينا أقل بكثير من جاذبية الأرض التي نشعر بها .



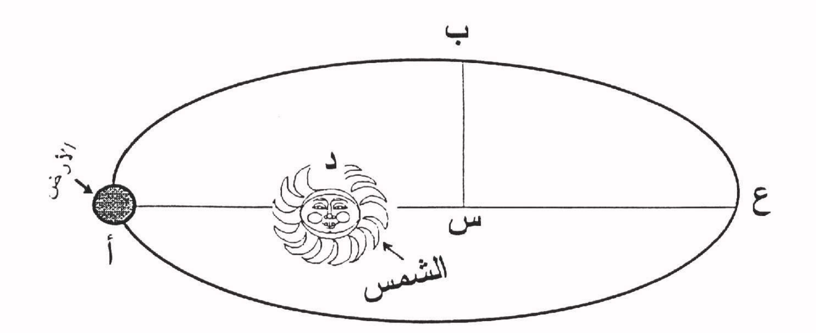
شكل (٥-٤) تتحرك الكواكب حول الشمس في مدارات إهليجية بحيث تكون الشمس في أحد بؤرتي المدار. ويقطع الخط الواصل بين الشمس والكوكب (أي كوكب) مساحات متساوية في فترات زمنية متساوية . فالمساحة أ ش ب يقطعها الكوكب في الزمن نفسه الذي يقطع فيه المساحة ص ش ع . وهذا يعني أن الزمن الذي يأخذه الكوكب ليتحرك من أ إلى ب مساو للزمن الذي يأخذه الكوكب ليتحرك من ص إلى ع . أي أن الكوكب يكون سريعاً في حركته في مداره إذا كان قريباً من الشمس بينما تقل سرعته المدارية لأقل قيمة لها إذا كان في أبعد نقطة من الشمس

لكل كوكب مدار محدد وثابت الخواص يتحرك فيه وتتحرك الكواكب حول الشمس في اتجاه واحد وفي مستوي متقارب تقريبا . وقد ساعدت هذه الحقائق وغيرها الإنسان في معرفة بعض مفاتيح نشأة المجموعة الشمسية فقد اتضح فيما بعد أن جميع الكواكب و الكويكبات ومادة ما بين الكواكب تتحرك جميعها تقريبا حول الشمس في اتجاه واحد وفي نفس المستوي تقريبا (عدا بعض الاستثناءات) مما يؤكد نشأتها من سحابة واحدة كانت تدور حول نفسها ولما تكونت المجموعة الشمسية ظلت الكواكب وغيرها تدور حول الشمس في نفس اتجاه حركة المادة الأصلية نفسها. وكذلك الشمس تدور حول نفسها في اتجاه الحركة الأصلية لمادة المجموعة الشمسية . وقانون الحركة الثاني لكبلر يمكن تفسيره بشكل أعمق وفهم حديث حيث إنه من المعلوم أن كمية التحرك الزاوي angular momentum لأي جسم تظل ثابتة ما لم تغيرها قوة خارجية وهذا هو بالضبط الذي يجعل أي كوكب أسرع ما يمكن إذا كان في أقرب نقطة في مداره حول الشمس perihelion ويكون أبطأ ما يكون في حركته إذا كان عند أبعد نقطة في مداره aphelion وهذا يعني أن الذي يحكم سرعة أي كوكب في مداره هو أن له في المدار كمية حركة زاوية ثابتة . أما القانون الثالث لكبلر فيمكن فهمه من خلال ثبات كمية الطاقة التي يمتلكها الكوكب في مداره ، فلو تصورنا أننا يمكننا أن ننقل أي كوكب من مداره إلي مدار آخر فلابد وأن تتغير قيم طاقتي الوضع والحركة له.

وبعد أن فهم الإنسان القوانين التي تحكم حركة الكواكب تساءل : هل يمكن أن نرسل مركبات تتحرك في الفضاء حول الأرض كما يسبح القمر حول الأرض والكواكب حول الشمس ؟ وبالطبع هذا سؤال مثير كلفت إجابته الإنسانية الكثير ولكنها تعلمت منه في الوقت ذاته الكثير أيضا حيث تدور الآن الأقمار الصناعية حول الأرض وصعد الإنسان فوق سطح القمر وأرسلت مركبات فضائية عديدة إلي الكواكب البعيدة والتي أرسلت لنا العديد من الصور النادرة عن الشمس والكواكب وأقمارها وحلقاتها وجعلتنا على أعتاب عهد جديد من الحضارة . كما أن هناك تجارب مثيرة قد نفذها العلماء من خلال رحلات الفضاء نذكر منها علي سبيل المثال الحركة داخل وخارج مركبات الفضاء . فنرى رجال الفضاء وهم يسبحون داخل مركبات الفضاء ويتحركون كما لو كانوا ريشا يطير في الهواء وكذلك طعامهم يتحرك وكأنه لا وزن له وهي ما نعرفه بحالة انعدام الوزن وتشتهر هذه الظاهرة عند الناس بظاهرة انعدام الجاذبية وهذا خطأ فالجاذبية لا تنعدم ولكنها تقل أما الوزن فهو الذي ينعدم نتيجة عدم وجود عجلة الجاذبية والتي تعطي الناس إحساسهم بالوزن والثقل .

المدار الإهليلجي:

تتحرك الكواكب حول الشمس في مدارات ذات شكل إهليلجي كما في شكل(٥-٥) وكلما زاد المدار في مقدار الاستطالة بعد عن الشكل الدائري ويعتبر مدار كوكب بلوتو هو أشد مدارات الكواكب فلطحة (أو استطالة) ، ولنأخذ مدار الأرض حول الشمس كمثال، في شكل(٥-٥) : يوجد مركز المدار عند النقطة س و تقع الشمس في إحدى بؤرتي المدار د (مثلا) ، أقرب وأبعد مسافتين بين الأرض والشمس هما على التوالي اد ، ع د perihelion and aphelion، المحور اس يسمى المحور الكبير semimajor axis والمسافة ب س تسمى المحور الصغير semiminor axis.

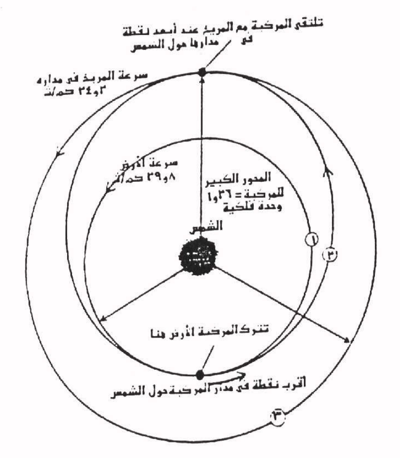


شكل (٥-٥) مدار الأرض حول الشمس . مدار الأرض وجميع الكواكب حول الشمس إهليجي. وتوجد الشمس في أحدى بؤرتي المدار ولتكن النقطة (د) ، المسافة (أس) تسمى المحور الكبير حيث (س) تقع في منتصف (أع) و(ب س) تسمى المحور الصغير و(أد) أقرب مسافة بين الأرض والشمس و(ع د) أبعد مسافة بين الأرض والشمس ومقدار استطالة المدار تقاس بالعلاقة ت = س د / س أ

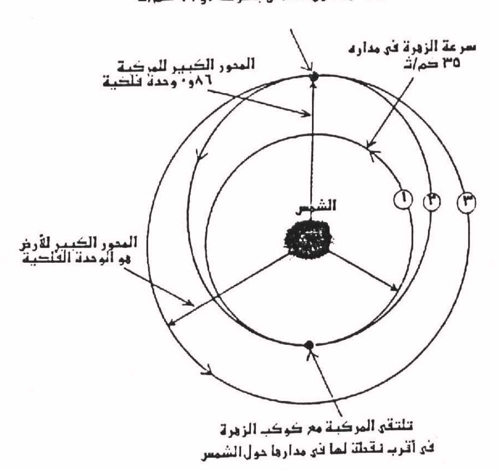
ويقاس مقدار الاستطالة eccentricity من النسبة س د/س ا. فإذا كان المدار دائريا فسوف تنطبق د على س ولذلك يكون مقدار الاستطالة صفرا ، وكلما زادت قيمة س د كلما زاد مقدار الاستطالة .

مدارات الأقمار الصناعية ومركبات الفضاء

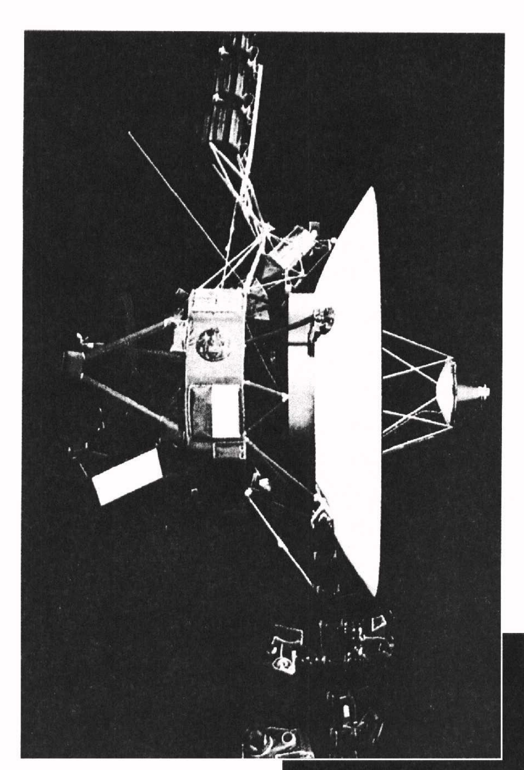
إذا قذف أحدنا حجراً فإنه يعود إلي الأرض بفعل قوة الجاذبية، و كلما زادت السرعة الإبتدائية التي نقذف بها الحجر زادت المسافة التي يقطعها قبل أن يسقط علي الأرض ، وتوجد سرعة معينة إذا اكتسبها الجسم فإنه يدور حول الأرض في مدار دائري. وهذا ما يحدث للأقمار الصناعية. حيث يتم إطلاقها بسرعة عالية إلى ارتفاع عدة مئات من الأميال ثم توجه بعد ذلك بحيث تدور حول الأرض على ارتفاع محدد حسب الغرض من إطلاق القمر الصناعي ، ويتم حساب ذلك عن طريق قوانين الحركة السابق ذكرها. ومقدار السرعة التي يطلق بها الصاروخ كي يتحرك القمر الصناعي في مدار ما حول الأرض هي التي تحدد شكل مدار القمر الصناعي حول الأرض فإذا زادت سرعة الإطلاق للصاروخ عن السرعة اللازمة للحركة في مدار دائري حول الأرض تتحرك المركبة في مدار اهليجي بدلاً من المدار الدائري. وقد استخدمت هذه الفكرة كي يتم إطلاق مركبات الفضاء من الأرض لتصل إلى الكواكب من خلال مدارات اهليجية لتقليل مقدار الطاقة اللازمة للرحلة فلكي يتم إرسال مركبة فضائية إلى المريخ مثلا ، نطلق المركبة بطاقة تجعلها تتحرك في مدار إهليجي بحيث تكون الأرض في أقرب نقطة في المدار ويكون المريخ في أبعد نقطة من المدار كما في شكل (٥-٦أ). وبالتالي تنطلق المركبة من الأرض في المدار المحسوب لها لتلتقي مع المريخ عند أبعد نقطة لها في مدارها. وإذا أردنا إرسال المركبة من الأرض إلى الزهرة. نطلق المركبة في مدار إهليجي أيضا، ولكن في هذه المرة تكون الأرض في أبعد نقطة في المدار وتكون الزهرة في أقرب نقطة في المدار كما هو مبين في شكل (٥-٦ب)، وهكذا بالنسبة للسفر لأي كوكب آخر. وبذلك يتضح أن مركبة الفضاء تتحرك حول الشمس



شكل (٥-٦) أ - خط سير مركبة فضائية ببذل أقل قدر من الطاقة إلى كوكب المريخ ، المدار (١) هو مدار الأرض حول الشمس ، والمدار (٢) يمثل مدار مركبة الفضاء المرسلة لكوكب المريخ ، المدار (٣) هو مدار المريخ حول الشمس.



شكل (٥-٦) ب - خط سير مركبة فضائية ببذل أقل قدر من الطاقة إلي كوكب الزهرة. المدارات (١، ٢، ٣) تمثل مدارات الزهرة ومركبة الفضاء والأرض حول الشمس على التوالي.



شكل (٥-٧) مركبة فويجر ٢ وقد انطلقت إلى الفضاء في عام ١٩٧٧ حيث زارت الكواكب العملاقة: المشتري وزحل وأورانوس ونبتون كما أرسلت لنا معلومات جديدة عن أقمارهم وحلقاتهم وبثت لنا صوراً رائعة ونادرة لم نحصل عليها من قبل لهذا العالم البعيد.

شكل (٥-٨) الإنسان في الفضاء يدور حول الأرض مثل جميع الأقمار الصناعية ويخضع لنفس قوانين الحركة .

بالقوانين التي تحكم حركة الكواكب. وهكذا بعد أن فهم الإنسان القوانين التي تنظم حركة الكواكب أخذ يبحث عن الوسيلة لتقليد هذه الحركة ونجح في ذلك.

المجموعة الشمسية بشكل عام:

تتكون المجموعة الشمسية من ٩ كواكب ، ٦١ قمرا تدور كل مجموعة منها حول أحد الكواكب وأعداد كبيرة من المذنبات ثم الكويكبات بالإضافة إلى أعداد هائلة من الشهب والنيازك ومادة مابين الكواكب ، وإذا أردنا أن نعرف توزيع الكتلة داخل المجموعة الشمسية فإننا نجد أن ٩٩٫٨ ٪ من الكتلة موجودة داخل الشمس كما هو مبين في جدول (٥ –١) .

وقد كانت الكواكب الستة الأولى معروفة منذ قديم الزمان، أما الكواكب الثلاثة أورانوس و نبتون وبلوتو فقد تم اكتشافها بعد بناء التلسكوبات وهناك تساؤل يطرحه الفلكيون عن وجود كوكب عاشر لم يكتشف حتى الآن ، وقد تم توقع وجود كل من نبتون وبلوتو عن طريق الحسابات لوجود إقلاقات في مدار الكوكب السابق لكل منهما ، أما كوكب أورانوس فقد تم رصده على أنه مذنب ثم بعد ذلك عرف أن مداره شبه دائري مما بيّن أنه كوكب وليس مذنب كما كان هيرشل يعتقد في البداية وذلك في عام (١٧٨١) . وقبل أن نبدأ في دراسة الكواكب بالتفصيل فإننا يمكننا أن نبين بعض التفاصيل والخواص العامة والتي يمكن أن تساعدنا على فهم نشأة المجموعة الشمسية، وفيما يلي أهم هذه الخواص :

١– الدوران : تدور أغلب الكواكب حول الشمس وكذلك حول نفسها في اتجاه واحد عكس اتجاه عقارب الساعة وتسمى هذه الحركة حركة تقدمية أما كوكب الزهرة وكذلك بعض الأقمار التي لها حركة في اتجاه عقارب الساعة فتعرف بأنها ذات حركة تراجعية retrograde motion.

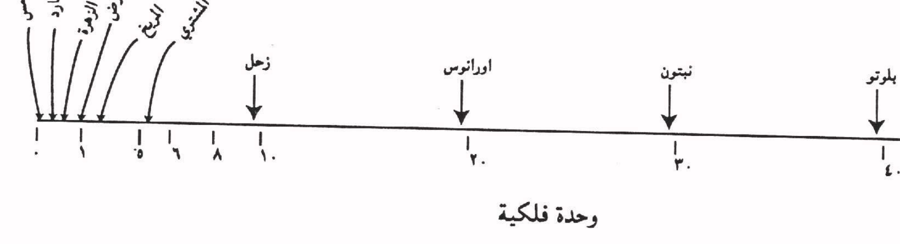
٢– مدارات أغلب الكواكب قريبة من الشكل الدائري عدا كوكبي عطارد وبلوتو ، ورغم ذلك فإن مداري هذين الكوكبين أقل فلطحة من مدارات المذنبات ، وكذلك فإن مداري كلا الكوكبين يميلان بدرجة كبيرة على مدار الأرض حول الشمس ، أما بقية الكواكب فمداراتها تشبه مدار الأرض.

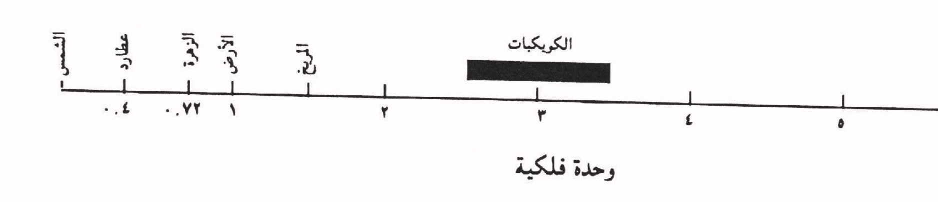
٣– يميل مستوى دوران الكواكب حول نفسها على مستوى دورانها حول الشمس بزاوية أقل من ٣٠ درجة فيما عدا كوكبي أورانوس وبلوتو (زاوية ميل المستويين لهما تزيد عن ٩٠ درجة) .

٤– تدور بقية أعضاء المجموعة الشمسية من مذنبات وشهب وكويكبات ومادة مابين الكواكب غالبا حول الشمس في نفس اتجاه حركة الكواكب ، مما يدل على أنها نشأت جميعا وتحركت بطريقة واحدة وتحت الظروف نفسها .

جدول (٥–١) توزيع الكتلة داخل المجموعة الشمسية

الكتلة ٪	الجسم
٩٩٫٨	الشمس
١ ر ٠	المشتري
٠٫٠٥	المذنبات
٠٫٠٤	بقية الكواكب
5×10^{-5}	الأقمار والحلقات
2×10^{-6}	الكويكبات
1×10^{-7}	مادة مابين الكواكب





شكل (٥-٩) يوضح البُعد النسبي للكواكب عن الشمس

٥- يمكن وضع الكواكب تحت قسمين ويضم أول القسمين الكواكب شبيهة الأرض وهي عطارد والزهرة والأرض والمريخ ويضم القسم الثاني الكواكب شبيهة المشتري وهي الكواكب العملاقة : المشتري وزحل وأورانوس ونبتون ، أما الكوكب بلوتو فإنه يختلف عن القسمين السابقين.
٦- جميع الكواكب لها غلاف جوي عدا كوكب عطارد ، كما أن بعض أقمار المجموعة الشمسية لها غلاف جوي .
٧- نتيجة تأثير الجاذبية القوية للكواكب على أقمارها فإن أغلب الأقمار تدور حول كواكبها بوجه ثابت.

يبين شكل (٥-٩) الأبعاد النسبية للكواكب ، فعطارد والزهرة والأرض والمريخ تعتبر متقاربة من بعضها وقريبة من الشمس إذا ما قورنت بالكواكب شبيهة المشترى والتي تبدو متباعدة عن بعضها بشكل واضح ، فالمسافة بين كل كوكبين من الكواكب الأربعة الأخيرة تزيد عن ١٠ وحدة فلكية ، مما يعني أن المسافات بينها شاسعة. أما من حيث الجاذبية ، فإن أعلى الكواكب من حيث الجاذبية فهو المشترى بلا شك كما هو واضح في جدول (٥ -٢) حيث إنه أكبر الكواكب وأقلها جاذبية كوكب بلوتو، أما أقربها شبهاً بالأرض من حيث الجاذبية فهو الزهرة وذلك لأن كتلته قريبة من كتلة الأرض. وقد نتوقع أن عطارد هو أعلى الكواكب حرارة وذلك لقربه من الشمس ولكن بينت الدراسات الفلكية أن كوكب الزهرة هو أعلى الكواكب حرارة كما يتضح من جدول (٥ -٢)، أما أقرب الكواكب من حيث الظروف الحرارية للأرض فهو كوكب المريخ بل نجد عليه تغيراً في فصول السنة مما جعل العلماء يتصورون وجود حياة عليه. أما بقية الكواكب بعد المريخ فإنها تزداد برودة كلما بعدت عن الشمس ، مما يعني أننا نتحرك إلى عالم من الثليج وفي جدول (٥-٢) نجد قيم جاذبية الكواكب باعتبار أن جاذبية الأرض هي الوحدة. وفي جدول (٥ -٣) والذي يبين الحركات الدورانية للكواكب حول نفسها وحول الشمس يقاس طول كل من اليوم والسنة علي الكواكب بدلالة وحدات الزمن الأرضية ، فمثلا يوم عطارد يساوي ٥٩ يوم أرضي وسنته تساوي ٨٨ يوم أرضي أما كوكب المريخ فيومه يقدر بـ٢٤ ساعة أرضية و٣٧ دقيقة والسنة عليه تساوي ١.٩ سنة أرضية وهكذا بالنسبة لجميع الكواكب. وبالنظر في جدول(٥-٣) فسنجد ملاحظات عجيبة الشأن ، فهذا كوكب المشترى أكبر الكواكب ورغم ذلك فهو أسرعهم في الدوران حول نفسه فطول يومه أقل من ١٠ ساعات ، ولا نستطيع أن نفهم سر حركته الدورانية السريعة ، ولكن نلاحظ بشكل عام أن الكواكب شبيهة المشترى تدور حول نفسها بسرعة أكثر من الكواكب شبيهة الأرض وتفسير ذلك يمكن أن يكون بسبب بعد الكواكب شبيهة المشترى عن الشمس أكثر من الكواكب شبيهة الأرض. أما كوكب الزهرة فإنه يدور ببطء شديد حول نفسه لدرجة أن يومه أطول من سنته !! واليوم على المريخ أشبه بيوم الأرض ، واليوم على كوكب عطارد يساوي ثلثي سنته . وإذا أردنا أن نتعرف على أبعاد الكواكب، فكما هو موضح في كل من جدول (٥-٣) وشكل (٥-٩) فإن المسافات بين الكواكب شبيهة الأرض تعتبر صغيرة إذا ماقورنت بمسافات الكواكب شبيهة المشترى ، ومن عجيب الأمر أن كوكب أورانوس موجود عند منتصف المسافة بين الشمس وآخر كواكب المجموعة الشمسية بلوتو ، مما يعني أن سبعة من الكواكب إنتهاء بأورانوس موجودة في النصف الداخلي للمجموعة الشمسية بينما يمرح نبتون وبلوتو وحدهما في

جدول(٥ -٢) الجاذبية ودرجة الحرارة للكواكب المختلفة .

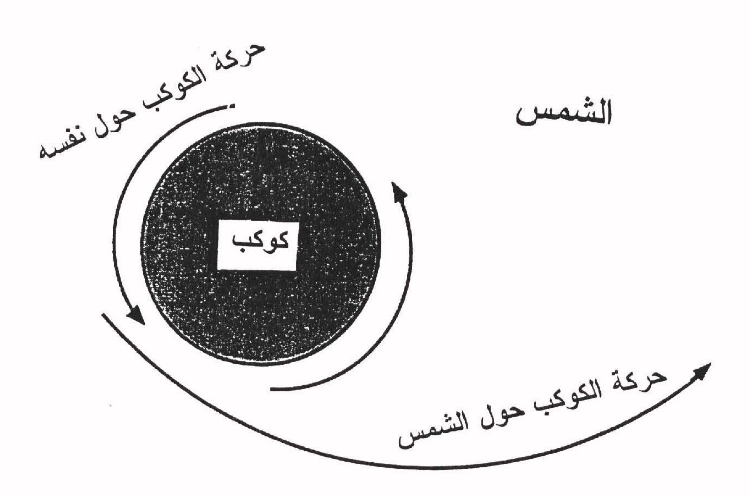
الكوكب	الجاذبية على سطح الكوكب	درجة الحرارة (درجة مطلقة)
عطارد	٣٨ر	٧٠٠ (١٠٠على السطح الآخر)
الزهرة	٩١ر	٧٢٠
الأرض	١	٢٨٠
المريخ	٣٨ر	٢٣٠
المشتري	٦٤ر٢	١٢٥
زحل	٠٧ر١	٩٠
أورانوس	٩٢ر	٦٥
نبتون	١٨ر١	٥٠
بلوتو	٠٨ر	٤٥

جدول(٥ -٣) اليوم والسنة والبعد عن الشمس للكواكب .

الكوكب	اليـــوم	السنة	بعده عن الشمس (وحدة فلكية)
عطارد	٥٩ يوم	٨٨ يوم	٣٩ (٠,٤)
الزهرة	٢٤٣ يوم	٢٢٥ يوم	٧٢ر (٠,٧٥)
الأرض	٢٤ ساعة	٣٦٥ يوم	٠ر١ (١٤٩.٦ مليون كل)
المريخ	٢٤ ساعة ٣٧ق	١,٩ سنة	١,٥
المشتري	٩ ساعات ٥٠ ق	١١,٩سنة	٥,٢
زحل	١٠ ساعات ٤٠ق	٢٩,٥سنة	٩,٥
أورانوس	١٦ ساعة ١٠ ق	٨٤ سنة	١٩,٢
نبتون	١٨ساعة ١٢ق	١٦٤,٨سنة	٣٠
بلوتو	٦,٤ يوم	٢٤٨,٨سنة	٣٩,٧

جدول (٥-٤) المجال المغناطيسي وتركيب الغلاف الجوي للكواكب

الكوكب	المجال المغناطيسي(جاوس)	التركيب الكيميائي للغلاف الجوي
عطارد	٠.٠٠٣ (١٪ مجال أرضي)	H , He
الزهرة	لا يوجد	CO_2 , N_2
الأرض	٠.٣	N_2 ,O_2 , (H_2O)
المريخ	لا يوجد	CO_2 ، (H_2O ثلج وبخار)
المشتري	٤	H_2 , He , NH_3 ,CH_4
زحل	٠.٢	H_2,He,CH_4 ، (NH_3 قليل)
أورانوس	٠.٣	H_2,He,CH_4 , NH_3
نبتون	٠.٢	H_2,He,CH_4 , NH_3
بلوتو	؟	CO , H_2,CH_4



شكل (٥-١٠) خاصية الدوران في الكواكب وجميع الأجرام الأخرى . تدور جميع الكواكب حول نفسها وحول الشمس كما تدور كل مجموعة من الأقمار حول نفسها وحول الكوكب التابعة له والظاهرة نفسها تنطبق على النجوم والنظم الأكبر فلا يوجد شيء ساكن في الكون بل كل يسبح على طريقته التي سخره الله عليها والزمه بها.

النصف الآخر. ويبين جدول (٥-٤) مقدار المجال المغناطيسي في الكواكب المختلفة ، وأعلى الكواكب من حيث شدة المجال المغناطيسي هو كوكب المشترى وذلك لسرعته الشديدة في الدوران ولكن الوضع يختلف في كوكب زحل رغم دورانه السريع . كما أننا نلاحظ أن المريخ والزهرة لا يوجد عليهما مجال مغناطيسي ملموس. أما عن الغلاف الجوي ، فإن كوكب عطارد لقربه من الشمس فلا يوجد عليه غلاف جوي سوي بعض الغازات الخفيفة جدا والمكونة من الهيدروجين والهيليوم ، ويحتوي غلافا المريخ والزهرة على نسبة عالية من ثاني أكسيد الكربون . أما الكواكب شبيهة المشترى فإن غلافها الجوي يتكون من الغازات الخفيفة والموجودة بكثرة في المادة الكونية. ويعتبر كوكب بلوتو نموذجاً وحده حيث يحتوي على أول أكسيد الكربون بالإضافة إلى الهيدروجين والميثان .

ملخص :

١ - الوحدة الفلكية تستخدم لقياس الأبعاد داخل المجموعة الشمسية، ولقياس الأبعاد بين النجوم نستخدم السنة الضوئية أو البارسك.

٢ - تتحرك الكواكب حول الشمس في مدارات إهليجية بحيث تكون الشمس في إحدى بؤرتي المدار.

٣ - يتحرك الكوكب بأعلى سرعة له في مداره عندما يكون في أقرب نقطة من الشمس، ويتحرك بأقل سرعة له إذا وصل لأبعد نقطه في مداره عن الشمس وذلك تبعاً لثبات كمية التحرك الزاوي للكوكب في مداره.

٤ - توجد علاقة بين مربع سنة أي كوكب ومكعب بعده عن الشمس وهذه العلاقة يمكن تفسيرها بقانون بقاء الطاقة.

٥ - للمدار الإهليجي عدة خواص يمكن من خلالها معرفة حركة الكوكب في مداره.

٦ - تتحرك مركبات الفضاء في مدارات إهليجية مثل الكواكب وذلك لتقليل الطاقة المبذولة في تحريكها من الأرض إلى أي كوكب آخر . كما تتحرك الأقمار الصناعية حول الأرض مثل القمر.

٧ - توجد مجموعة من الصفات العامة التي تميز المجموعة الشمسية والتي تساعدنا على فهم نشأتها.

٨ - أطول يوم هو يوم الزهرة وأقصر يوم هو للمشتري.

٩ - جميع الكواكب لها أغلفة جوية عدا عطارد.

١٠ - الوحدات الزمنية التي نستعملها كاليوم والشهر والسنة مرتبطة بنشأتنا على كوكب الأرض.

اسئلة الباب الخامس

السؤال الأول: أجب الأسئلة التالية:

١- أي الكواكب يتحرك بشكل تراجعي ؟
٢- هل جميع الكواكب لها أغلفة جوية ؟
٣- قارن بين تركيب الأغلفة الجوية لزحل والأرض والزهرة .
٤- علل عدم وجود غلاف جوي لعطارد .
٥- وحدات الزمن تتغير لو كنا نعيش علي كوكب الزهرة ، بين ذلك .
٦- عرف كلا من الوحدة الفلكية والسنة الضوئية .

السؤال الثاني: اختر أصح الإجابات في كل نقطة مما يلي:

١- كوكب الزهرة:
أ- ليس له غلاف جوي   ب- له غلاف جوي
ج- له مجال مغناطيسي   د- جميع ماسبق خطأ

٢- اقصر يوم نجده علي كوكب :
أ- الأرض   ب- الزهرة
ج- المشتري   د- المريخ

٣- الكوكب ليس له مجال مغناطيسي هو :
أ- عطارد   ب- الأرض
ج- المريخ   د- جميع ماسبق

٤- الكوكب الذي يتحرك حركة تراجعية هو :

أ- الأرض　　　ب- الزهزة

ج- عطارد　　　د- المريخ

٥- الكوكب الذي لا يتمتع بوجود غلاف جوي حوله هو :

أ- الأرض　　　ب- الزهرة

ج- عطارد　　　د- المشتري

٦- أي الكواكب التالية يتحرك حركة تقدمية ؟

أ- الأرض　　　ب- عطارد

ج- المريخ　　　د- جميع ماسبق

٧- أشد الكواكب حرارة هو :

أ- الأرض　　　ب- الزهرة

ج- المريخ　　　د- زحل

الباب السادس

الأرض والقمـــر

الباب السادس
الأرض والقمر

إشترك الخوارزمي في بعثة المأمون لقياس محيط الأرض (ولد سنة ٧٨٠ ميلادية).



شكل (٦-١) الأرض من فوق سطح القمر وهي صورة خلابة ورائعة . فهل تصبح رحلات الفضاء في يوم ما أمراً ميسوراً يتيح للإنسان أي إنسان أن يتجول في الفضاء ليرى عجائب خلق الله، إنه حلم جميل.

كوكب الأرض
مهـــدها اللـــه للحيـــاة عليها

تبـدو الأرض في الفـضـاء من ألمع الكواكب و يظهـر عليـها اللون الأزرق كـمـا تظهـــر بعض تضاريسها ، وأهم المعلومات عن كوكب الأرض مبينة في الجدول التالي:

المحور الكبير semimajor axis ، أقرب وأبعد مسافة بين الأرض والشمس perihelion and aphelion معرفه في شكل (٥-٥).

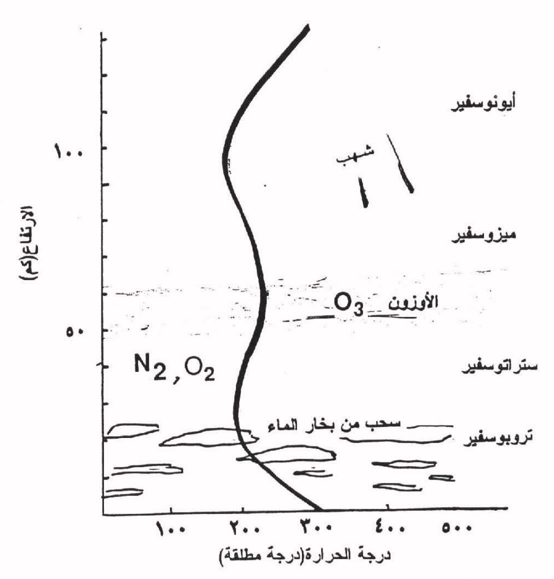
جدول (٦-١) الأرض

المحور الكبير	٦ر١٤٩ مليون كم (١ وحدة فلكية)
أقرب مسافة	٩٨٣ر. وحدة فلكية
أبعد مسافة	١٧.ر١ وحدة فلكية
السنة	٢٥٦ . ٣٦٥ يوم (١ سنة)
ميل المدار	.ر.
اليوم	٢٣ س ٥٦ ق ١ . ٤ ث
ميل المحورين	٢٧´ ٢٣°
القطر	١٢٧٥٦ كم (١ قطر أرضي)
الكتلة	٩٧٤ر٥ × $١٠^{٢٧}$ جم (١ كتلة أرضية)
الكثافة	٥١٨ر٥ جم/سم٣
قوة الجاذبية	٩٨٠ سم/ث٢ (١ جاذبية أرضية)
سرعة الهروب	٢ر١١ كم/ث
درجة الحرارة	٢٠٠ - ٣٠٠ (K)
العاكسية	٥ر.
عدد الأقمار	١

في جـــدول (٦-١) وجـــداول الخواص العامة للكواكب تستعمل كلمـتي اليـوم rotation period والسنة orbital period لتـعبـرا عن مدة إكمال دورة كاملة للكوكب حول نفسه و حول الشمس على التوالي ، مع اعتبار وحدات الزمن على الكواكب الأخرى مـقـاسـة بالنسـبـة لوحـدات الزمن على الأرض. مـيل مـدار-orbital in clination الأرض يساوي صفر باعتبارها المستوى الأساسي الذي نحـسب مـيل مـدارات الكواكب الأخرى عليه . ميل المحورين tilt of axis وهو عبارة عن ميل محور دوران الكوكب حول الشمس على محور دورانه حول نفسه هي نفسها الزاوية بين مستويي دوران الكوكب حول نفسه وحول الشمس ، وبالنسبة للأرض فإن ميل المحورين أي الزاوية بين دائرة البروج وخط الاستواء فمقدارها ٢٣ درجة و٢٧ دقيقة كما هو مبين في جدول(٦-١)، أما سرعة الهروب escape speed فهي السرعة الكافية لهروب الغازات من سلطان جاذبية الكوكب ، العـاكسيـــة albeo وهي تقيس مقدار ما يعكسه الكوكب من الأشعة الساقطة عليه بالنسبـــة لما يسقـط عليه ، وكلما زادت العاكسية زاد لمعان الجسم ونلاحظ من جدول (٦ -١) أن العاكسية للأرض تعتبر عالية ولذلك فإن كوكبنا الأرض يظهر لامعا أكثر من القمر إذا نظرنا إليهما من الفضاء الخارجي.

الغلاف الجوي:

يتكون الغـــلاف الجوي من٧٧٪ نيتروجين N_2 ،٢١٪ أكسجين O_2 . وبقية العناصر موجودة بكميات ضئيلة جدا ، وبالرغم من ذلك فإن بعضها مهم جدا مثل بخار الماء H_2O والأوزون O_3 وثاني أكسيد الكربون CO_2 ، أما الأوزون ، فله أهميته في حماية الأرض من الأشعة فوق البنفسجية ، و ثاني أكسيد الكربون مهم للنباتات كما نعلم ، وقد لوحظ مع تطور الصناعة وازدياد كمية الأدخنة التي تخرج من عمليات الاحتراق في المصانع أن نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي تتزايد بشكل مستمر مما يؤدي إلي زيادة درجة الحرارة في جو الأرض حيث إن غاز ثاني اكسيد الكربون من الغازات الفعالة في امتصاص الحرارة مما يعني ارتفاع درجة الحرارة في الغلاف الجوي وهي ما نعرفه بظاهرة البيت الزجاجي Green house effect مما يشير إلى ظهور مشكلة بيئية أخرى بالإضافة إلى ظاهرة الثقب في طبقة الأوزون وهناك اعتقاد بأن درجة الحرارة قد ارتفعت بمعدل درجة حرارة مئوية واحدة وأنها قد ترتفع بمعدل درجتين في عام ٢٠٠٠. وهكذا فإن هناك تخوفاً من تحول الأرض إلى كوكب ساخن مثل الزهرة نسأل الله أن يحمي كوكبنا من ذلك. يتكون الغلاف الجوي من أربع طبقات الأولى تسمي التروبوسفير وتمتد لحوالي ١٠ كم وهي التي تحدث فيها جميع ظواهر الطقس التي نشعر بها على الأرض وتليها طبقة الستراتوسفير ثم الميزوسفير وأخيرا الثيرموسفير ، ويقع الأوزون في طبقة بين الستراتوسفير والميزوسفير ، ونلاحظ

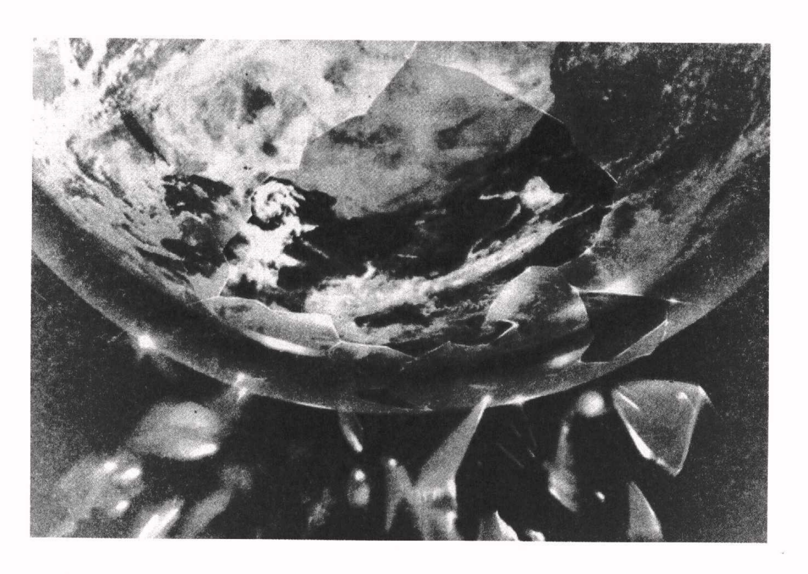


شكل (٦-٢) تركيب الغلاف الجوي للأرض. وتقع طبقة الأوزون بين طبقتي الستراتوسفير والميزوسفير

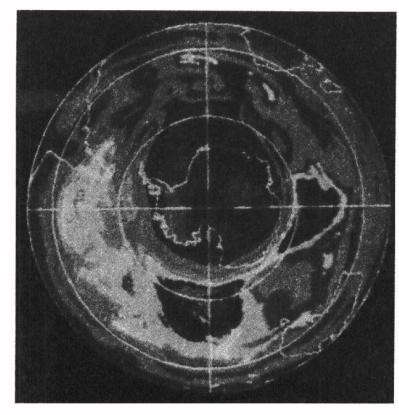
أن درجة الحرارة تنقص كلما إرتفعنا في طبقة التربوسفير ولكنها تزيد كلما إرتفعنا في طبقة الستراتوسفير حيث توجد طبقة الأوزون ثم تقل درجة الحرارة في الميزوسفير ، أما في طبقة الثيرموسفير فإن درجة الحرارة تزداد كلما ارتفعنا لأعلى وذلك لأن كثافة المادة تكون قليلة في هذه الطبقة وتأثير أشعة الشمس يكون واضحا .

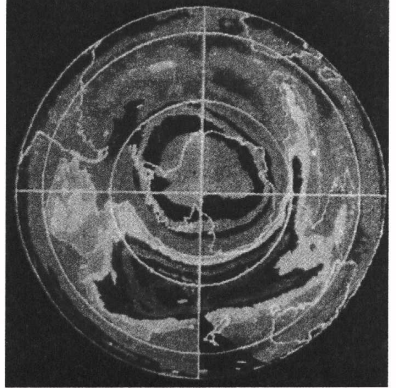
طبقة الأوزون:

يوجد الأكسجين في طبقة التروبوسفير علي شكل جزيئات يتكون كل منها من ذرتين، وهو اللازم لتنفس الإنسان. ولكن علي ارتفاع حوالي ٢٥ كم تتجمع كل ثلاث ذرات أكسجين لتكون جزئ أوزون (O_3) . ويكثر غاز الأوزون في هذه المنطقة مكونا طبقة تعرف بطبقة الأوزون ، ولهذه الطبقة أهمية كبيرة ، حيث تقوم بحماية الأرض من الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس والتي تصل إلى الأرض كغيرها من أشعة الشمس ، فحينما تصل الأشعة فوق البنفسجية إلى طبقة الأوزون تتفاعل معها جزيئات الأوزون فيتفكك كل جزئ إلى ذرة أكسجين وجزئ أكسجين ، واللذان يتحدان بدورهما ليكونا جزئ أوزون وتنتج من التفاعل الأشعة تحت الحمراء التي تسخن الهواء المحيط كما يظهر في التفاعل التالي:



شكل (٦-٣) لقد أدرك الإنسان، بعد أن أفسد الكوكب الذي نعيش عليه أهمية المحافظة على البيئة ورعاية نعمة الحياة على الأرض. والشكل منظر تخيلي لطبقة الأوزون كطبقة زجاجية رقيقة تغلف الأرض وفيها شرخ يعبر عن ثقب الأوزون





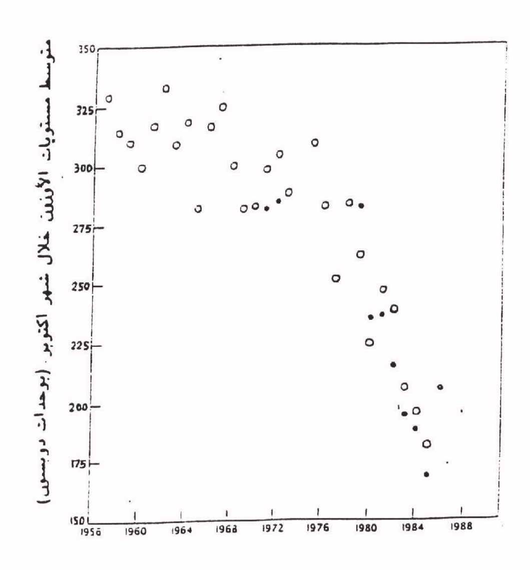
شكل (٦-٤) صورة ملتقطة بالأقمار الصناعية لمنطقة ثقب الأوزون وفيها دليل علمي واضح على تناقص نسبة الأوزون في المنطقة القطبية. والدائرة المركزية في الصور الثلاث هي التي يصل عندها مستوى الأوزون لأقل نسبة له وهي التي نخشى من حدوث ثقب فيها.



$$UV + O_3 \text{ -----------> } O + O_2$$

$$O + O_2 \text{ -----------> } O_3 + IR$$ (الأشعة تحت الحمراء)

وبذلك تقوم طبقة الأوزون بالتخلص من الأشعة فوق البنفسجية الضارة بالحياة علي الأرض كما يحدث نوعا من التدفئة في منطقته مما يؤدي إلى إيجاد نوع من التوازن الحراري المهم. وإلا إذا تصورنا أن الحرارة في هبوط مستمر فقد يؤدي ذلك إلى تكثف الهواء. وفي هذه الحالة تتحول الأرض إلى بيت زجاجي كبير كما هو الحال في كوكب الزهرة. والتفاعل الســابق يتم في اتزان عجيب بحيث إن سرعـــة تكـون الأوزون تساوي سرعة تفككه مما يعني أن نسبة الأوزون ثابتة، ومن الجدير بالذكر أن نسبة الأوزون تمثل واحدا في المليون من نسبة الغازات في الغلاف الجوي ، وقد يتساءل البعض عن أضرار الأشعة فوق البنفسجية. وفيما يلي أهم أضرارها :



شكل (٦-٥) تناقص الأوزون مع السنوات

١- التسبب في تحطيم جزيئات بيولوجية مهمة .

٢- زيادة الإصابة بسرطان الجلد .

٣- الإصابة بالمياه البيضاء Cataract وهي عتمة تصيب عدسة العين .

٤- نقص المناعة .

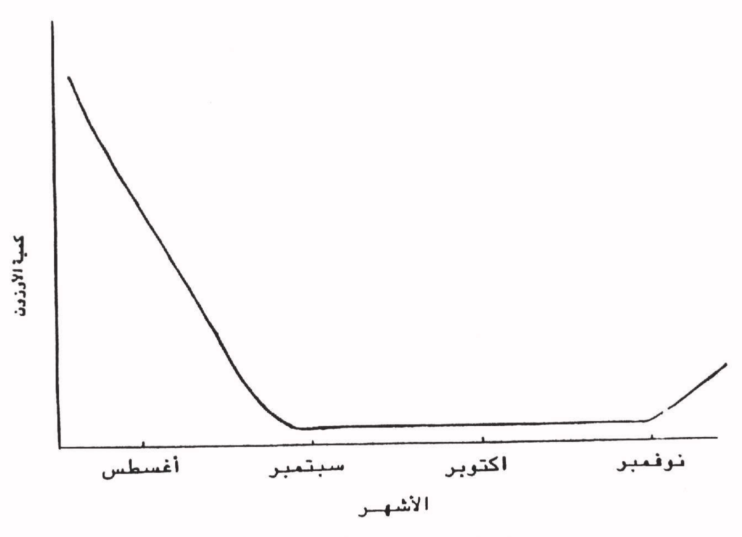
٥- التأثير على المحاصيل الزراعية .

٦- تهديد النظام البيئي بشكل عام .

٧- إحداث تغيرات في غير صالح البشرية في الغلاف الجوي.

ظاهرة الثقب في طبقة الأوزون:

بقياس كمية الأوزون لوحظ أن نسبته في الجو الذي يعلو خليج هالي في القارة القطبية الجنوبية قد انخفضت بنسبة تتجاوز ٤٠٪ بين عامي ١٩٧٧ - ١٩٨٤ ميلادية كما هو مبين في الشكل (٦-٥)، ويبين شكل (٦-٦) أن نسبة الأوزون تكون أقل ما يمكن في الأشهر سبتمبر وأكتوبر ونوفمبر ثم تتزايد نسبة الأوزون بعد ذلك ، وفي هذه الفترة تكون الدائرة القطبية الجنوبية معزولة هوائيا.



شكل (٦-٦) موسم تناقص غاز الأوزون في خلال العام الواحد

بمعني أن الهواء في منطقة الدائرة الجنوبية يدور فقط حول القطب الجنوبي ولا يحدث تبادل للهواء مع المناطق المجاورة ، وبالتالي إذا حدث نقص في كمية الأوزون في هذه المنطقة فإن هذا النقص لا يعوض، وهذا ما يحدث بالفعل حيث تتحلل كمية كبيرة من غاز الأوزون ولا يوجد أي تعويض لما يتحلل. ولكن ما هي أسباب هذا التحلل؟ هذا ما حاولت نظريات عديدة أن تجيب عنه ، وفيما يلي أهم هذه النظريات .

نظريات عن ثقب الأوزون:

هناك نظرية تعزي النقص في كمية الأوزون إلى الملوثات. ونظرية أخري تعزي الثقب إلى حدوث تغير في الديناميكية الجوية في هذه المنطقة. وهي بذلك تعتبر النقص الملاحظ شيئا طبيعيا ، فمن المعلوم أن مناطق تركيز جميع المواد الكيميائية الموجودة في الغلاف الجوي تتغير وتتأثر بديناميكية الغلاف الجوي ، كما لوحظ أن حركة الهواء الغني بالأوزون نحو القطب الجنوبي من مناطق خطوط العرض الدافئة أخذ يضعف مما يؤدي إلي حدوث دوران عكسي ينقل الهواء القطبي الغني بالأوزون نحو خط الاستواء. ومن الموضوعات المثيرة أن هناك نوع من الارتباط بين دورة المجال المغناطيسي للشمس (٢٢سنة) والتغيرات المناخية على الأرض ، فهل للنشاط الشمسي دور في ظاهرة ثقب الأوزون؟ هل يؤدي النشاط الشمسي مثلاً إلى زيادة بعض الغازات التي تحطم الأوزون؟ مازلنا نجهل الكثير عن طبيعة العلاقة بين غلافنا الجوي والأشعة التي تأتيه من الشمس، ولكن لعدم معرفة الكثير من المعلومات عما يحدث داخل المنطقة القطبية من تفاعلات كيميائية فإننا لا نستطيع أن ننتظر حتي تثبت أي النظريات صحتها عن الأخري. ولذلك تحركت الهيئات الدولية لتنظر إلى الملوثات التي يلفظها الإنسان وتكون ذا خطورة محتملة علي طبقة الأوزون فتوقف صناعتها أو تجد لها بدائل غير ضارة .

الملوثات التي تهدد طبقة الأوزون:

١- أكسيد النيتريك N O وهذا يخرج من الطائرات النفاثة التي تطير بسرعة أعلى من سرعة الصوت ، حيث تطير على ارتفاع عالٍ مما يجعل ما يخرج منها من نفايات يكون قريبا من طبقة الأوزون ، وبالتالي يستطيع أن يحطم الأوزون كما يلي:

$$NO + O_3 \text{----------}> NO_2 + O_2$$

٢- ثاني أكسيد النيتروجين N O2 وقد ارتفعت نسبته في الغلاف الجوي نتيجة للاحتراق المتزايد واستعمال المخصبات الغنية بالنيتروجين. وفي الحقيقة فإن ثاني اكسيد النيتروجين في حد ذاته لا يضر الأوزون. ولكنه إذا تفكك بفعل الضوء المرئي ففي هذه الحالة ينتج عن التفكك جزئ أكسيد النيتريك الذي يتحد مع الأوزون ويحطمه كما هو مبين في التفاعل السابق.

$$NO_2 \xrightarrow[\text{المرئي}]{\text{الضوء}} NO + O$$

٣- مركبات كلوروفلوريد الكربون أو ما يعرف بالفريون ، وله استخدامات عديدة نذكر منها ما يلي :

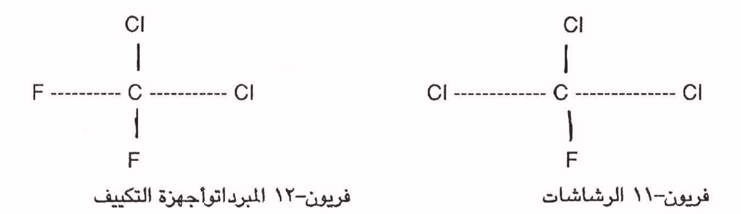
أ- المبردات وأجهزة التكييف.

ب- دافعات الغاز والأبخرة المضغوطة(spray) كالعطور والمبيدات وغيرها.

ج- وسيط لإنتاج الرغوة ومنظفات للقطع الالكترونية .

و تتميز هذه المركبات بالثبات والخمول ، فمركب الفريون يدوم نحو ٧٥ عاما .

وهناك مركبات متعددة من غاز الفريون مثل:



فريون-١١ الرشاشات   فريون-١٢ المبرداتوأجهزة التكييف

والذي يحدث أن هذا الغاز الخامل علي سطح الأرض لا يتفاعل مع أي من المواد الموجودة على سطح الأرض ، ويتحرك مع الرياح الهوائية هنا وهناك ، بحيث يصل إلي طبقة الأوزون مع مرور الوقت ، وهناك تبدأ مخاطره ، حيث يتفكك تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية الموجودة هناك فتخرج منه ذرة كلور

$$CF_2Cl_2 \xrightarrow{UV} CF_2Cl + Cl$$

ثم يتحد الكلور الناتج مع غاز الأوزون ويأخذ منه ذرة أكسجين ويحوله إلي جزئ اكسجين كما يلي:

$$Cl + O_3 \longrightarrow ClO + O_2$$

وأكسيد الكلور الناتج يتحد مع ذرة أكسجين لتتحرر ذرة الكلور فتعيد الكرة مع جزئ أخر من الأوزون.

$$ClO + O \longrightarrow Cl + O_2$$

أو يتفاعل أكسيد الكلور مع جزئ أوزون ليكون ثاني أكسيد الكلور ويتبقى جزئ أكسجين.

$$ClO + O_3 \text{------------->} ClO_2 + O_2$$

وبهذه التفاعلات السابقة يتضح أن ذرة كلور واحدة لها القدرة على أن تحطم حوالي ١٠٠ ألف جـزئ من غـاز الأوزون. ولكن هناك من التـفـاعـلات التي يمكن أن تحـدث وتحـد من خطورة الكلور ومركباته بعض الشئ. ومن أمثلة ذلك غاز ثاني أكسيد النيتروجين:

$$NO_2 + ClO \text{------------->} ClONO_2$$

وغاز الميثان

$$CH_4 + Cl \text{------------->} HCl + CH_3$$

وقد يتحد جزيئان من أكسيد الكلور:

$$ClO + ClO \text{------------->} Cl_2O_2$$

والواقع أن كل التفاعلات السابقة تمثل حالات غير مستقرة من المركبات فهي سرعان ما تتكسر.

٤- مركبات الهالوجينات والتي أظهرت الدراسات انها من الممكن أن تكون أشد تأثيرا من الفريون. وقد اتسعت دائرة الدراسات الكيميائية للمواد التي يمكن أن يكون لها دور في المشكلة. سواء كان هذا الدور سلبيا أو إيجابيا. ومن الممكن أن نحدد الخطوط العريضة التي اتخذت لكي نواجه هذا الخطر الرهيب فيما يلي :

ا- إنتاج بدائل للفريون لا يكون لها تأثير علي طبقة الأوزون. مع مراعاة عدم وجود آثار جانبية أخري.

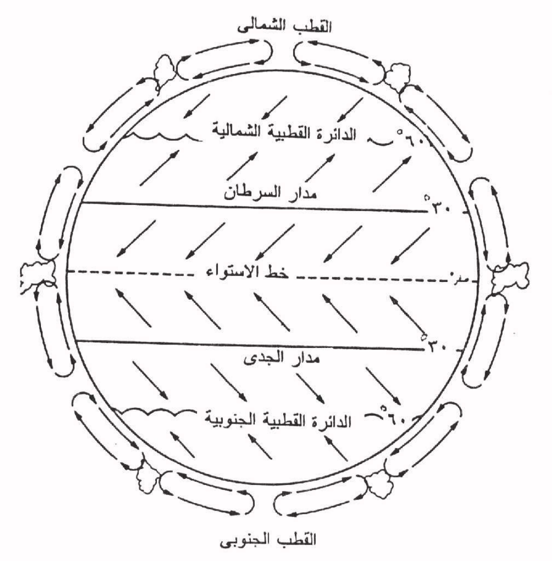
ب- تقليل استعمال الفريون ومنتجاته قدر الإمكان حتي يتم إيجاد بدائل أفضل.

ج- منع ما يمكن الاستغناء عنه من منتجات الفريون.

د- إنتاج مركبات فريون غير مستقرة .

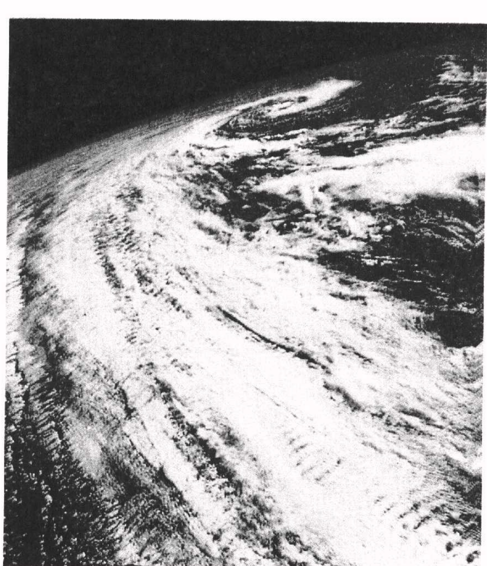
مظاهر الطقس علي سطح الأرض:

يرجع كل ما نعرفه من مظاهر للطقس من رياح وأمطار وسحب و دوامات إلي غير ذلك إلى عاملين مهمين: أولهما تغير درجة الحرارة من مكان لآخر، والعامل الثاني هو دوران الأرض اليومي حول نفسها، فنلاحظ مثلا تولد تيارات من الهواء نتيجة اختلاف



شكل (٦-٧) مناطق حركة الرياح على سطح الأرض

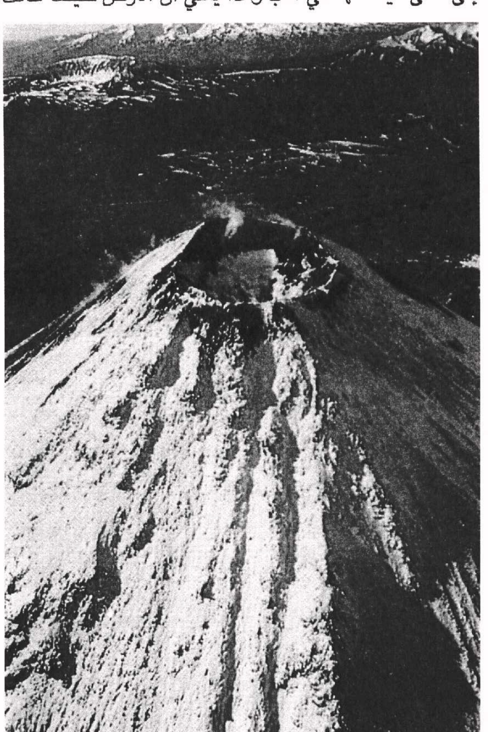
السخونه بين المياه واليابسة. وتختلف أنواع السحب حسب الظروف الجوية للمكان. ولو تصورنا أن الأرض لا تدور ففي هذه الحالة ستتحرك الرياح بين خط الاستواء (حرارة عالية) إلى القطبين حيث البرودة الشديدة. ولكن دوران الأرض حول نفسها له دور واضح في اتجاهات الرياح بحيث أصبحت هناك ثلاث مناطق للرياح شمالا وأخرى جنوبا كما هو مبين في شكل (٦-٧) . وفي شكل (٦-٨) عاصفة هوائية وقد صورت من خارج الغلاف الجوي.



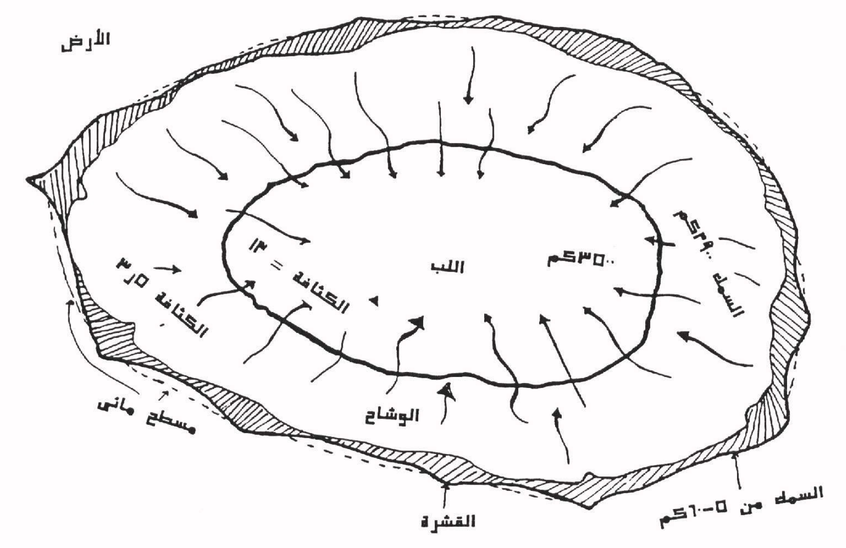
شكل (٦-٨) عاصفة كبيرة حيث نرى السحب تدور حول منطقة ذات ضغط منخفض

جيولوجية الأرض:

من المعلوم أن الأرض مازالت نشطة جيولوجيا بحيث يوجد عليها براكين وزلازل (انظر الأشكال: ٦-٩ و٦-١١ و٦-١٢)، كما أن صفائح القارات تتحرك بحيث تتباعد في أماكن وتتقارب في أماكن أخرى وبدرجات متفاوتة وتحت اتزان عجيب يدهش العلماء ويجذب ألبابهم ٠ وتنقسم الأرض إلى ثلاث طبقات رئيسية : لب ووشاح وقشرة خارجية وفي الحقيقة فإن هذه الطبقات الثلاث تنقسم في حد ذاتها إلي طبقات تفصيلية أكثر فإذا بدأنا مثلا من أواخر طبقة الوشاح إلى سطح الأرض فهذا الجزء من الأرض يمكن أن نقسمه إلى طبقة أثينو سفير وليثوسفير، والجزء السفلي من طبقة الليثوسفير تابع للوشاح بينما الجزء العلوي منها يمثل القشرة الخارجية للأرض والتي تكون رفيعة جدا تحت البحار والمحيطات (١٠ كم) وأكبر سمكا في القارات (حوالي ٥٠ كم) كما هو مبين في شكل (٦-١٠)٠ وتصل كثافة المادة إلى أعلى قيمة لها في اللب وهذا يعني أن الأرض حينما كانت منصهرة تحركت المواد الثقيلة وتمركزت في اللب بينما توجد أقل كثافة في القشرة الخارجية كما أن درجة الحرارة في اللب تصل إلى حوالي ٦٠٠٠ درجة مطلقة وتقل درجة الحرارة بالتدريج كلما ارتفعنا في طبقات الأرض ٠ ويصور علماء الجيولوجيا القارات كصفائح تعوم على مادة لينة متحركة مما يتسبب في حركة هذه الصفائح مع أي اضطرابات تحدث في باطن الأرض٠ وقد كانت القارات قديما قريبة من بعضها البعض بل ومتلاحمة بحيث لم يكن هناك فواصل بينها في بداية تكون القشرة الأرضية ، ولكن نتيجة لحركة الصفائح تباعدت القارات إلى أن وصلت لشكلها الحالي وهي لا تزال في حركة مستمرة بحيث إن خريطة العالم ستتغير لتأخذ شكلا آخر بمضي الزمن٠ وتحدث الزلازل إذا اصطدمت



شكل (٦-٩) بركان مخروطي الشكل، هذا النوع من البراكين مشهور على الأرض أكثر من الزهرة وهو بركان كاريمسكي بروسيا ويبلغ ارتفاعه ١.٥ كم

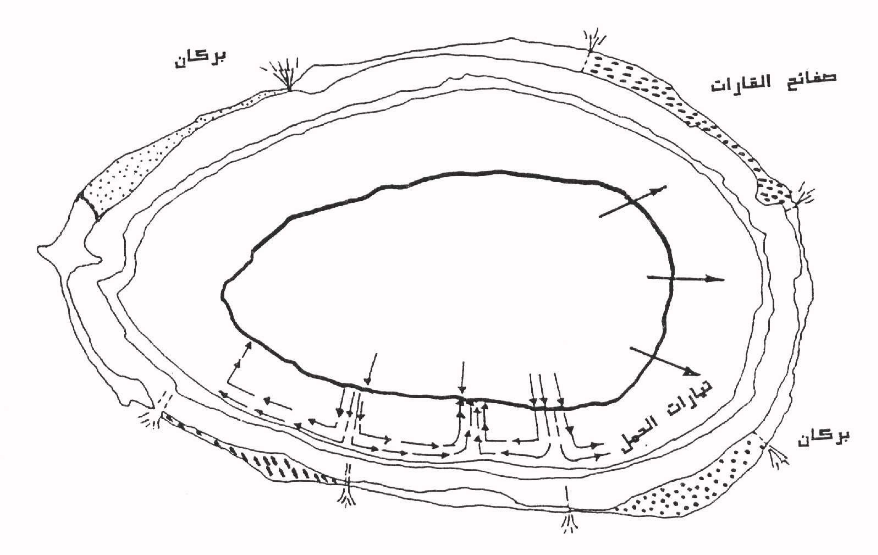


شكل (٦-١٠) أ - شكل عام للتركيب الداخلي للأرض. وهي تتكون من ثلاث طبقات كالتالي: اللب والوشاح والقشرة

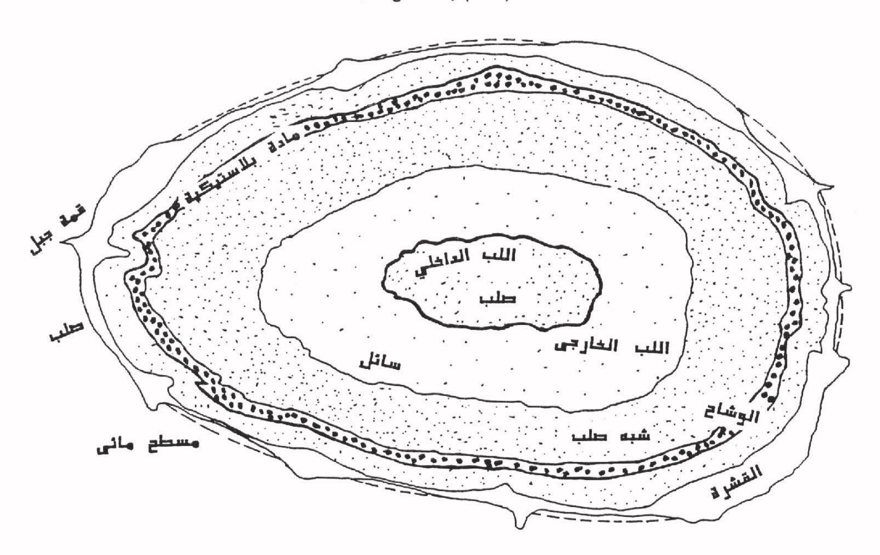
صفائح القارات في أي مكان على سطح الأرض وبعد الاصطدام قد تدخل القشرة الموجودة في قاع البحار والمحيطات (الأعلى كثافة) تحت طبقة الأرض الجبلية (الأقل كثافة) أو أن تظل هناك قشرة ضعيفة فاصلة بين الصفائح بحيث تكون مكانا سهلا لحدوث البراكين ۰ ويوجد تحت القشرة نقاط ثابتة تعد مصدر الحرارة الهائلة التي تحدث البراكين وتسمى بالنقاط الساخنة ، فإذا حدث أثناء تحرك القشرة الأرضية أن جاءت منطقة قشرة ضعيفة أمام أحد النقاط الساخنة فحينئذ تنطلق الحمم التي تخرج في شكل بركان ، وغالبا مايحدث ذلك في قاع المحيطات والبحار۰ ويوجد في البحر الأحمر أخدود عظيم تخرج منه البراكين ومع خروج الحمم ورسوها على جانبي الأخدود تتباعد صفيحتي قارتي آسيا وأفريقيا ويتسع بذلك البحر الأحمر ولذلك يقول عنه علماء الجيولوجيا أنه محيط في طور الجنين ۰ وأنواع الصخور على سطح الأرض إما نارية وهي الأصل أو رسوبية أو متحولة ۰ ويبين شكلي (٦-١٠ب و ج) صفائح القارات وطبيعة المادة في طبقات الأرض المختلفة.

أهمية النشاط الجيولوجي على كوكبنا الأرض:

ينظر الناس إلى البراكين والزلازل على أنها كوارث يتمنون عدم حدوثها ، ولكنها في حقيقة الأمر من الظواهر المهمة للإنسان وذلك لأننا نعلم أن هذه النشاطات الجيولوجية تتسبب في إخراج المعادن المهمة و إثراء وجودها على سطح القشرة الأرضية ليسهل على الإنسان أن يستخرجها ويستخدمها في حياته اليومية۰ وهذا يذكرنا بإنعام الله على البشر في قوله تعالي (له مافي السموات وما في



شكل (٦-١٠) ب - صفائح القارات



شكل (٦-١٠) ج - طبيعة المادة في طبقات الأرض المختلفة



شكل (٦-١١) صورة لنافورة من الحمم وهي تخرج من فوهة البركان بشكل رهيب متدفقة لأعلى

شكل (٦-١٢) بركان هاواي حيث يخرج منه البازلت السائل في شكل تيارات رفيعة ومتداخلة



الأرض ومابينهما وماتحت الثرى) فما تحت الثرى من خيرات ييسر الله للإنسان أن يستخرجها وأن يستفيد منها . كذلك فإن غاز الأكسجين المهم لحياة البشر يخرج مع غيره من الغازات مثل النيتروجين والكربون والكبريت من البراكين مما يساعد على إيجاد توازن طبيعي بين مايفقد من هذه الغازات وبالذات الأكسجين وبين نسبة وجودها في الغلاف الجوي للأرض فسبحان من خلق الحياة وأوجد لها أسباب البقاء والأمان .

المجال المغناطيسي :

يبدو المجال المغناطيسي مضغوطا في مواجهة الشمس أما في الاتجاه المعاكس فإن خطوط المجال المغناطيسي تمتد لمسافة طويلة . ويؤدي المجال المغناطيسي مهمة كبيرة في حماية الحياة على سطح الأرض إذ أنه يستقبل الجسيمات ذات الطاقة العالية والقادمة من الشمس فيجعلها تدور حول خطوط المجال المغناطيسي ويبعدها تماما عن الأرض أو يمسك بها فيما يعرف بأحزمة فان ألن Van Allen وبالتالي يمنعها من الوصول إلى سطح الأرض . أنظر الأشكال (٦-١٤ و٦-١٥)، ويحدث كل فترة طويلة (آلاف أو مئات آلاف السنين) أن يتغير اتجاه قطبي المجال المغناطيسي للأرض بحيث يصبح القطب الجنوبي مكان القطب الشمالي وبالعكس .

وهناك منطقتان تحيطان بالأرض في شكل أحزمة في منطقة المجال المغناطيسي حيث يتركز فيهما أعداد هائلة من الشحنات المتأينة والتي تصطدم بها أشعة الشمس ذات الطاقة العالية فتمتص داخل طبقة الأحزمة المعروفة بأحزمة فان ألن والتي تعتبر بذلك أحد الأغشية الواقية للحياة على سطح الأرض مما يجعلنا نشعر أن الله سبحانه وتعالى قد حمى الأرض ومهدها للحياة ، والتمهيد هنا لايعني فقط بسط الأرض وجعل السير عليها يسيرا بل كذلك إيجاد الظروف الملائمة للحياة ووضع الحواجز والأغشية اللازمة كي تقي الأرض من المخاطر المحيطة بها . وصدق الله حيث يقول منعما على البشر «هو الذي جعل لكم الأرض ذلولا» وكذلك يقول سبحانه «هو الذي جعل لكم الأرض مهدا». وظاهرة الشفق القطبي المبينة في شكل (٦-١٣)، والتي تحدث عند القطبين سببها أن الشحنات الموجوده في طبقة الأيونوسفير (وهي طبقة أسفل أحزمة فان ألن) تحدث تفريغا للشحنات عند منطقة القطبين فتحدث ظاهرة الشفق القطبي . أما في بقية أرجاء الأرض فإن الشحنات تكون موجودة على ارتفاعات عالية ولذلك لانرى ظاهرة الشفق إلا عند القطبين ، وبذلك تتخلص الأرض من جزء من الشحنات دون أن تضر بالحياة على سطحها . والمجال المغناطيسي المحيط بالأرض ناشئ عن وجود لب منصهر في باطن الأرض ، ودرجة حرارة اللب عالية جدا مما يسبب وجود شحنات حرة في اللب. ثم إن دوران الأرض حول نفسها ساعد علي كبر المجال المغناطيسي .

ويمكننا بذلك أن نوجز القول توضيحا للآية الكريمة: إن من تذليل الله للأرض أن جعل لها غلافا جويا محاطا بالمجال المغناطيسي ليحميها من الشحنات ذات الطاقة العالية التي تخرج من الشمس وكذلك يقوم الغلاف الجوي نفسه بحماية الأرض من الشهب التي تتحرك حركة عشوائية وتدخل بالآلاف في جو الأرض يوميا ولولا احتراقها في الغلاف الجوي لوصلت إلى سطح الأرض ولكانت سببا في إبادة الحياة وجعلها غير مستقرة ، وفي شكلي (٦-١٦) و(٦-١٧) صورة لقطعة من نيزك

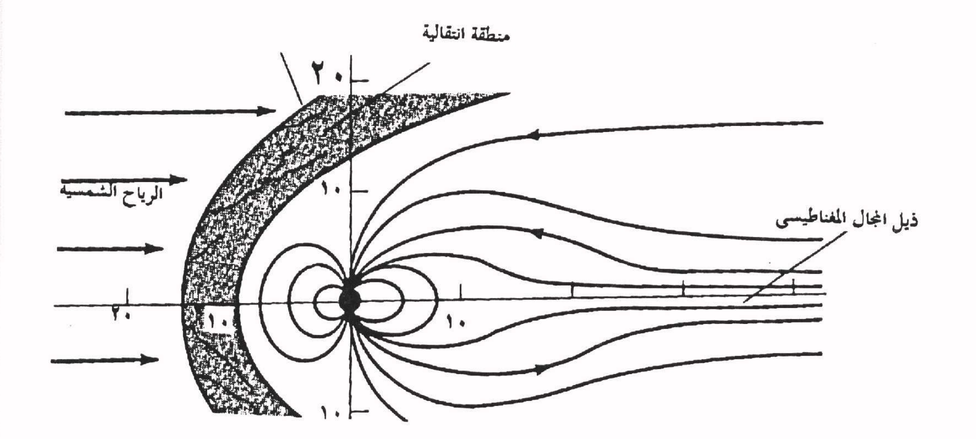




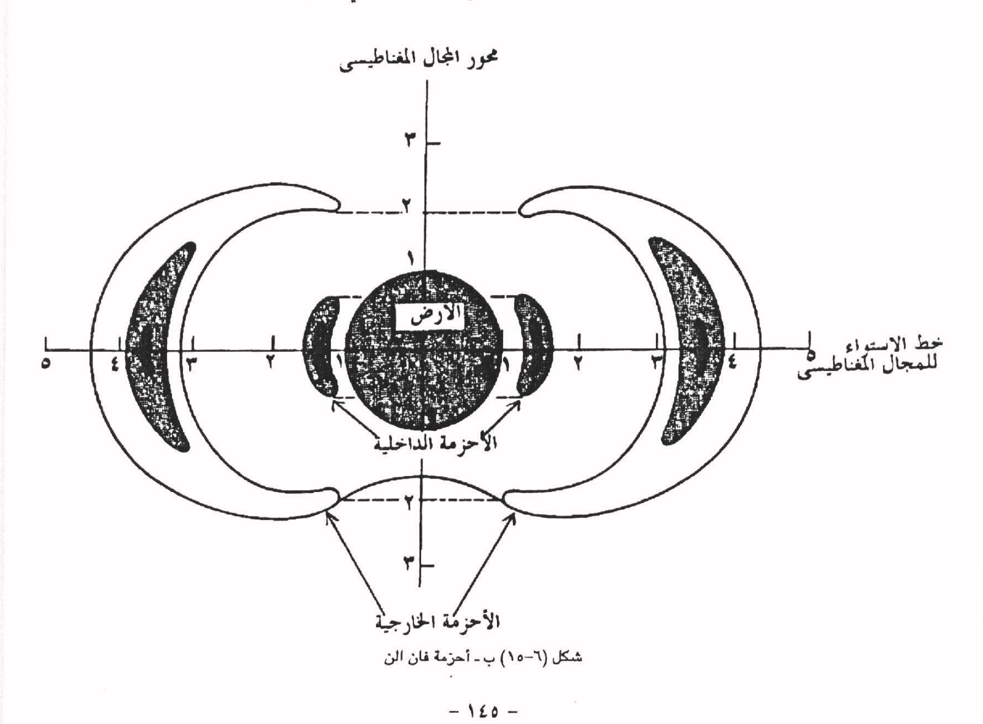
شكل (٦-١٣) الشفق القطبي وهي ظاهرة تحدث عند القطبين الشمالي والجنوبي حيث تتفاعل الشحنات القادمة من الشمس مع جزئيات الهواء على ارتفاعات من ٨٠كم إلى ١٦٠كم وبعضها قد يكون على ارتفاع شاهق يبلغ ١٠٠٠كم ونتيجة تفاعل شحنات الرياح الشمسية مع جزيئات المواد تخرج ألواناً طيفية مختلفة محدثة ظاهرة الشفق القطبي في منظر رائع.



شكل (٦-١٤) صورة تحاكي شكل المجال المغناطيسي للأرض. وهي صورة رائعة تهز كيان الإنسان حيث يرى مدى العناية الإلهية التي تحيط كوكب الأرض وترعاه. حيث تظهر خطوط المجال المغناطيسي وكأنها سياجات كونية تحيط بالأرض وتحميها من مخاطر الرياح الشمسية وما تحويه من شحنات قاتلة



شكل (٦-١٥) أ - شكل تخطيطي للمجال المغناطيسي للأرض



شكل (٦-١٥) ب - أحزمة فان الن



شكل (٦-١٦) صورة لقطعة من نيزك ارتطم بسطح الأرض



شكل (٦-١٧) فوهة ناشئة عن سقوط نيزك رهيب على الأرض بمدينة أريزونا بأمريكا، ويعتقد أن النيزك كان يبلغ ميلاً في قطره.
وهناك العديد من الفوهات التي اختفت مع التقلبات التي حدثت في القشرة الأرضية.

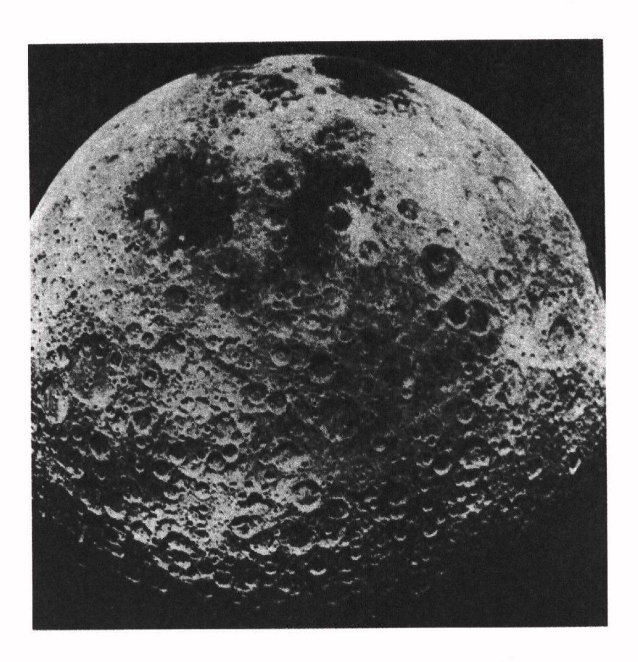
وفوهة ناشئة عن ارتطام نيزك رهيب بسطح الأرض، وكما أن الغلاف الجوي للأرض لا يسمح بدخول الأشعة فوق البنفسجية لضررها الشديد علي الكائنات الحية فإنه في الوقت نفسه يسمح بدخول القدر المطلوب من أشعة الشمس واللازم لاستمرار الحياة وهو الضوء المرئي دون سواه ٠

تطور الأرض:

يقدر عمر الأرض جيولوجيا بحوالي ٥ر٤ بليون سنة ومايعتقده الفلكيون أن الغلاف الجوي للأرض في بداية نشأتها كان يتكون من غاز الهيدروجين والهيليوم ثم تطايرت هذه الغازات الخفيفة لأن قوة جاذبية الأرض عليها قليلة ثم حلت محلها غازات خرجت من باطن الأرض مع البراكين والنشاطات الجيولوجية ، وأهم هذه الغازات النيتروجين والأكسجين وتواجد الحياة على الأرض ساعد على إحداث بعض التغييرات في التركيب الكيميائي للطبقات حتى وصلت إلى ماهي عليه الآن ٠

القمــــر

لقد تغني الشعراء بالقمر كثيرا ولهم حق في ذلك فالعين تسعد حينما تري القمر يبدد ظلام الليل الدامس وكان الفلاحون يترقبون البدر في قراهم ليعملوا علي ضوئه في حقولهم وتغير القمر من هلال إلى تربيع ثم بدر وهكذا حتي يصبح محاقا في آخر الشهر هذا التغير في منظر القمر يجعلنا نشعر بمرور الوقت وتحرك الزمان وهذا هو السر في اعتماد الإنسان علي القمر في حساب الشهور. ولابد من التفاتة إلي إنعام الله علينا نحن سكان الأرض أن جعل لكوكبنا قمراً له حجم كبير وبعده عنا مناسب بحيث نراه في المنازل المختلفة وبشكل واضح فلو كان للأرض أقمار كثيرة لصعب علينا أن نجد وسيلة في تحديد حركة الزمان ولو تصورنا هذه الأقمار أصغر من قمرنا لزاد الأمر تعقيدا فحمدا لله علي نعمه وآلائه .



شكل (٦-١٨) القمر . ولا يبدو منه موضع إلا وفيه فوهة فسطحه وعر تصعب الحركة عليه لكثرة الفوهات وعمقها. فرغم انبهارنا بالقمر ومنظره في الليل إلا أن حقيقة أمره أنه غير مؤهل للحياة عليه فهو كصحراء جرداء وعرة مقفرة.

القمر تابع للأرض يدور حولها كما تدور الأرض حول الشمس . ويعتبر القمر كبيراً بالمقارنة مع الأقمار الأخرى الموجودة في المجموعة الشمسية ، ورغم أن القمر يبدو واضحا وبراقا في السماء إلا أنه في الحقيقة يعتبر معتما إذا ماقورن بالأرض كما ترى من الفضاء الخارجي وذلك لأن القمر ليس له غلاف جوي وبالتالي فإن أشعة الشمس لاتنعكس منه كما تنعكس من الغلاف الجوي للأرض ٠ تبلغ كتلة القمر حوالي ٠٫٠١٢ من كتلة الأرض ولصغر القمر فالجاذبية عليه ضعيفة بحيث يشعر الإنسان وهو على سطح القمر أنه أصبح ريشة يسهل أن تطير في الهواء حيث تبلغ قيمة الجاذبية عليه ٠٫١٦٥ جاذبية أرضية ولذلك لم يحتفظ بأي غلاف جوي فأصبح أرضا بلا هواء . كما أنه لا توجد عليه أي علامات أو دلائل لوجود الماء علي سطحه . لقد نجح الإنسان في الهبوط علي سطح القمر بعد رحلات تمهيدية متعددة فقد أرسل الروس عدة رحلات باسم لونا إلي القمر منذ عام ١٩٥٩ ميلادية وفي عام ١٩٦٨ أرسلت أول مركبات أبوللو لتدور حول القمر وفي يوليو من عام ١٩٦٩ رست أول مركبة فضاء (أبوللو ١١) علي سطح القمر وبعدها نزلت ٦ من مركبات أبوللو حيث أجرت العديد من التجارب العلمية وأحضرت العينات من سطح القمر لدراستها بالتفصيل . وبعد عام ١٩٧٢ توقفت رحلات الفضاء إلي القمر ولكن أحلام العلماء مازالت متجهة للقمر فبناء مرصد فوق القمر يعتبر واحدا من هذه الأحلام .

المسافة المتوسطة	٤٠١ر٣٨٤ كم (٤ر٦٠ نصف قطر أرضي)
أقرب مسافة	٢٩٧ر٣٦٣ كم
أبعد مسافة	٥٠٥ر٤٠٥ كم
الشهر المداري	٢٧ ي ٧ س ٤٣ ق ١٢ ث
الشهر القمري	٢٩ ي ١٢ س ٤٤ ق ٣ ث
ميل المدار	٤٣ً ٨َ ٥°
مدة الدوران	٣٢ر٢٧ يوم
ميل المحورين	٤١َ ٦°
القطر	٤٧٦ر٣ كم (٢٧٣ . . قطر أرضي)
الكتلة	٣٥ر٧ × ١٠^{٢٥} (١٢٣ . . . كتلة أرضية)
الكثافة	٣٤ر٣ جم/سم٣
قوة الجاذبية	١٦٥ر٠ جاذبية أرضية
سرعة الهروب	٤ر٢ كم/ث
درجة الحرارة	٤٠٠ كيلفن (النهار) – ١٠٠ كيلفن (الليل)
العاكسية	٠٧ر٠

جدول (٦-٢) القمر

الكثافة المتوسطة للقمر حوالي ٣٫٢ جرام/سم٣ وهي بذلك أقل بكثير من الكثافة المتوسطة للأرض والتي تبلغ ٤٫٥ جرام/سم٣ مما يؤكد اختلافهما في التركيب. والكثافة علي القمر تشبه الكثافة للمادة الصخرية علي سطحه وبالتالي فإن أغلب مادته تشبه سطحه وبالتالي لا توجد عناصر معدنية ثقيلة بنسبة ملحوظة في لبه. كما أكدت دراسات عينات القمر أنه خالٍ من الماء والغازات سريعة التطاير ومواده الصخرية شبيهة بالصخور علي الأرض وسطح القمر مكون من مركبات السيليكا مثل الأرض . وتبلغ درجة الحرارة على نصف القمر المواجه للشمس(النصف المضاء) حوالي ٤٠٠ درجة مطلقة بينما تكون ١٠٠ درجة مطلقة فقط على النصف المظلم كما هو مبين في جدول(٦-٢) وهذا يعني أن الفارق في الحرارة بين الليل والنهار يصل إلي ٣٠٠ درجة مطلقة وهو فارق كبير لا

يمكن تصور وجود مثله علي الأرض وإلا فإن الحياة ستكون مستحيلة ، والسبب في هذا الفرق الكبير في درجات الحرارة راجع إلي بطء القمر في الدوران حول نفسه (٢٧,٣ يوم أرضي) لذا يظل الجزء المضاء معرضا لأشعة الشمس فترة طويلة والجزء البعيد عن الشمس لا تصله حرارة الشمس لفترة زمنية طويلة كما أن عدم وجود غلاف جوي له دور كذلك حيث حركة الرياح تعمل علي تلطيف الجو وبالتالي إيجاد نوع من التوازن الحراري . الزاوية بين محوري القمر أقل من سبع درجات كما أن عاكسية القمر صغيرة إذا ما قورنت بعاكسية الأرض ولذلك قد يندهش البعض حينما يعرف أن القمر في حقيقة الأمر جسم عاكسيته ضعيفة ولولا قربه منا لما تميز بهذا اللمعان الواضح الذي نراه به . وكما أسلفنا في الباب الثالث فإن حركة القمر الشهرية كانت وما تزال ساعة زمنية كونية ساعدت الإنسان علي مر العصور في التعرف علي الوقت هذا بالإضافة إلي كونها أساس التقويم الهجري. زمن دورة القمر حول نفسه مساوية لزمن دورته حول الأرض مما يعني أن وجها واحدا من القمر يظل مواجها للأرض والوجه الآخر لانراه أبدا ، وهذا من الأسرار التي جعلت العلماء يضعون في مقدمة أهدافهم أن تذهب رحلات الفضاء إلى النصف الذي لانراه من القمر ، والذي ظهر جليا أن القمر سطح بلا هواء وأرض بلا ماء تسقط عليه الأحجار بكثرة فتحدث على سطحه الحفر الواسعة وبذلك فإن أي حياة لايمكن أن تستقر عليه بفرض وجود الأسباب الأخرى للحياة. وقد وجد على سطحه مساحات منبسطة كما يوجد على سطحه الجبال العالية. وإذا عرفنا الشهر المداري للقمر بأنه الفترة من حركة القمر من نقطة ما في مــــداره وحتي يعود إلى نفس النقطة ومقداره ٢٧ يوماً

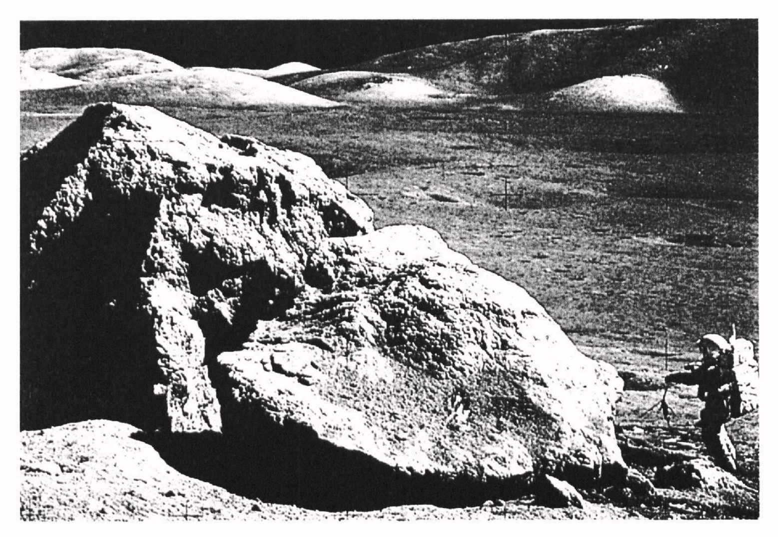


شكل (٦-١٩) صورة للقمر في أثناء دخوله في مخروط ظل الأرض وقد اختفى أغلبه وهي ظاهرة خسوف القمر.

وسبع ساعات و٤٣ دقيقة وثلاث ثواني ، فإننـا سنجده يختلف عن الشهر القمري والذي يقدر ب ٢٩ يوماً و١٢ ساعة و٤٤ دقيقة و٣ ثواني ونستطيع أن نعرف الشهر القمري بأنه الفترة من ولادة القمر إلي الولادة الثانية له وهو الذي يستخدم في تحديد الشهر العربي . والفارق بين التعريفين السابقين لحركة القمر حول الأرض ناشئ عن حركة الأرض حول الشمس ، فحينما يعود القمر إلى نقطة البداية في مداره تكون الأرض قد تحركت في مدارها حول الشمس مما يعني تغير زاوية تعرض القمر للشمس ولذلك يتأخر ظهور ميلاد القمر عن بداية الشهر المداري الجديد . ويدور القمر حول نفسه في ٢٧.٢٣ يوماً وهي نفس فترة دورانه حول الأرض . يميل مستوي دوران القمر حول الأرض على دائرة البروج بزاوية مقدارها ٥ درجات و٨ دقائق و٤٣ ثانية ، ورغم أنها تعتبر زاوية صغيرة إلا أنها مؤثرة وكافية كي تحدث ظاهرتا الكسوف والخسوف. يبلغ قطر القمر حوالي ربع قطر الأرض .

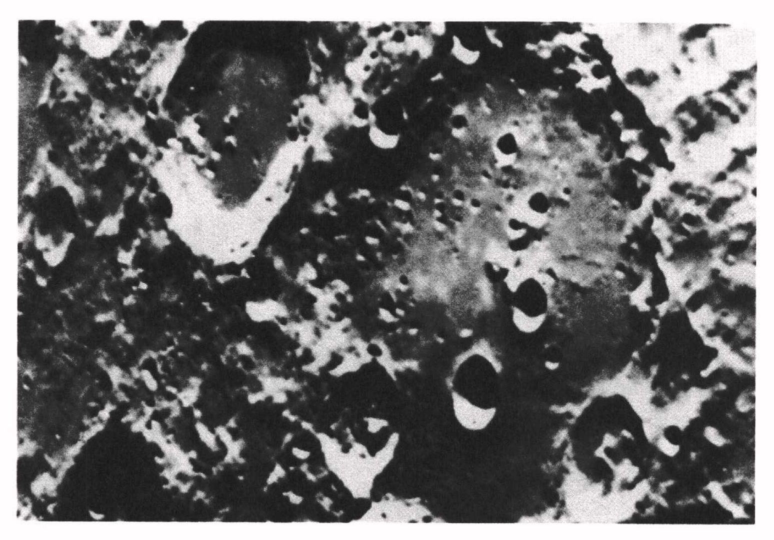
جيولوجية القمر:

يبدو القمر ككرة هامدة ليس عليه أي نشاط جيولوجي كالذي يحدث علـى الأرض ، ولذلك يقول عنه العلماء إنه خامل جيولوجيا، وبالتالي فإننا لانستطيع أن نتكلم عن غازات تخرج من باطن القمر كي تكون غلافا مثل غلاف الأرض الجوي . وصغر القمر من حيث الكتلة وبالتالي صغر قوة الجاذبية عليه يجعل سير الإنسان على سطح القمر أمرا صعبا . مظاهر السطح على القمر ثابتة ولايمكن أن تتغير لأنه خامل جيولوجيا كما ذكرت آنفا. فلا يوجد به براكين أو زلازل أو غير ذلك



شكل (٦-٢٠) الإنسان على سطح القمر

من الأنشطة الجيولوجية المعروفة على سطح الأرض ٠ كما أن عدم وجود غلاف جوي يعني أن عوامل التعرية المعروفة على سطح الأرض والتي تؤثر على الصخور غير موجودة على سطح القمر، والتغير الوحيد الذي يحدث باستمرار على سطح القمر هو الفوهات الناشئة عن ارتطام الشهب بسطحه ٠ ومن أراد أن يدرك أهمية الغلاف الجوي للأرض وما يقوم به من دور في حماية الحياة على الأرض من أخطار الشهب فلينظر إلى سطح القمر ليرى كيف امتلأ سطحه بالفوهات الناشئة عن ارتطام الشهب بسطحه فالحمد لله على نعمه وآلائه ، فإن الشهب حين تدخل جو الأرض فإنها تحترق بفعل الاحتكاك وبالتالي لا يصل منها شيء إلى سطح الأرض. ويتركب القمر من وشاح وقشرة خارجية وليس له لب تقريبا٠ وتوجد في مركزه العناصر الثقيلة مما يدل على أن القمر كان في حالة انصهار في أطواره الأولى وبالتالي تجمعت العناصر الثقيلة في مركزه ولكن كثافة مادته عموما أقل من الكثافة على سطح الأرض٠ ونتيجة لما تدل عليه الدراسات الجيولوجية من عدم وجود مادة منصهرة بداخل القمر في وضعه الحالي فلذلك ليس له مجال مغناطيسي٠ نستطيع أن نفهم من هذا أن القمر وصل إلي مرحلة متقدمة في البرودة من داخله أكثر من الأرض ، والقشرة الخارجية للقمر صلبة ولكنها ليست متماثلة في جميع أجزاء السطح بل أن الجزء المواجه للأرض تكون القشرة فيه أقل في السمك ٥٠ كم وأكبر في الكثافة عما هو الحال في الوجه البعيد عن الأرض والذي يبلغ سمكه ١٦٠ كم٠ وذلك لأن الوجه الأول واقع تحت تأثير جاذبية الأرض منذ نشأته ، فحينما كان القمر شديد الحرارة تجمعت العناصر الثقيلة فيه في الوجه المقابل للأرض وبرد القمر على هذا الحال .



شكل (٦-٢١) الفوهات على سطح القمر. وهذه الصورة التي أخذت بالتلسكوبات الأرضية تبين تفاصيل الفوهات الكبيرة والتي تحوي فوهات أصغر في داخلها

تضاريس سطح القمر:

أكثر تضاريس سطح القمر المختلفة موجودة على الوجه المقابل للأرض وأهم هذه التضاريس مايلي :-

١ - توجد منخفضات من الصخور النارية لونها داكن بالنسبة لما حولها وتسمي البحار.

٢ - سلاسل الجبال بحيث توجد هضاب وسلاسل جبال عالية وبعضها أكثر ارتفاعا من جبال الأرض .

٣ - وديان تكونت من المادة المنصهرة التي خرجت من البراكين عندما كان القمر نشطا جيولوجيا في أطواره الأولى.

٤ - الفوهات وتتراوح أبعادها من مئات الكيلومترات إلى فتحات صغيرة جدا وسببها اصطدام الشهب بسطح القمر . وعلي تلك الفوهات أطلقت أسماء مشاهير العلماء ومنهم علماء مسلمين مثل البتاني والخوارزمي وثابت بن قرة وابن يونس وابن سينا والبيروني وغيرهم ممن كان لهم فضل في تطور علم الفلك .



شكل (٦-٢٢) يظهر في الشكل الفرق الكبير بين مرتفعات القمر وبحاره (خالية من الماء) وهي أرض جرداء مسطحة ومنخفضة وتعتبر من أحدث طبقات القمر جيولوجيا. أما المرتفعات فهي من أقدم طبقات القمر وبداخلها يختبئ تاريخه القديم.

نظرية الفوهـات:

وتوجد نظرية مقبولة لتفسير وجود الفوهات علي أقمار وكواكب المجموعة الشمسية . وبداية القصة أنه في فترة تكون المجموعة الشمسية كانت المادة تتجمع وتنكمش علي بعضها البعض فتشكلت في هذه الأثناء تجمعات صغيرة من المادة وبأعداد هائلة والتي بردت بعد ذلك مكونة للشهب ونتوقع أن تكون هذه الأحجار متبقية من عملية تكوين الكواكب والأقمار . ولما كانت واقعة تحت تأثير جاذبية الكواكب والأقمار لذا فإنها تساقطت علي الكواكب والأقمار محدثة كماً هائلاً من الفوهات علي أسطحها بمعدل يزيد ألف مرة عن معدل تكون الفوهات في الوقت الحالي . ويعتقد العلماء أن ذلك قد حدث بعد حوالي نصف بليون سنة من تكون الكواكب والأقمار ثم قل معدل التساقط في خلال البليون سنة التالية وبعدها وصل لمعدل ثابت وهو المعدل الحالي وأهم مصادر مادة الشهب في الوقت الحالي هو المذنبات والكويكبات وأصبح هذا هو الحال منذ أكثر من ٣ بليون سنة .

ملخص :

١- يتكون الغلاف الجوي للارض من أربع طبقات وهي : التروبوسفير والستراتوسفير والميزوسفير والأيونوسفير.
٢- تقع طبقة الأوزون بين الستراتوسفير والميزوسفير .
٣- تقل نسبة غاز الأوزون لأقل قيمة لها في الأشهر سبتمبر وأكتوبر ونوفمبر من كل عام .
٤- منطقة تناقص الأوزون تقع عند القطب الجنوبي .ويلاحظ العلماء وجود تناقص مستمر في نسبة الأوزون .
٥- مظاهر الطقس علي الأرض ترجع إلي عاملين : تغير درجة الحرارة من مكان لآخر و دوران الأرض حول نفسها .
٦- الأرض نشطة جيولوجيا مما يؤدي إلي إثراء سطحها بما في باطنها من خيرات ، من معادن و أكسجين وماء و تربة صالحة للزراعة . إن النشاط الجيولوجي هو حياة كوكبنا رغم أنه مخوف للإنسان .
٧- للمجال المغناطيسي دور هام في حماية الأرض من الرياح الشمسية .
٨- الأرض من الكواكب التي تطورت عن الصورة التي نشأت عليها .
٩- القمر تابع للارض يدور حولها .
١٠- تبلغ درجة الحرارة علي سطح القمر المواجه للأرض ٤٠٠ درجة مطلقة بينما علي الوجه الآخر لا تزيد عن ١٠٠ درجة مطلقة .
١١- يدور القمر حول نفسه في نفس زمن دورانه حول الأرض (٢٧,٣ يوم). ولذلك يواجه القمر الأرض بوجه ثابت .
١٢- كثافة القمر المتوسطة أقل من كثافة الأرض المتوسطة .
١٣- لا توجد عناصر ثقيلة منصهرة في مركز القمر ولذلك ليس له مجال مغناطيسي.
١٤- يتكون القمر من قشرة ووشاح فقط .
١٥- كتلة القمر تبلغ عشر كتلة الأرض وقطره ربع قطر الأرض .
١٦- يتميز سطح القمر بظاهرة الفوهات الكثيرة وذلك بسبب عدم وجود غلاف جوي حوله .
١٧- فيما عدا ظاهرة الفوهات فإن القمر خامل جيولوجيا .

اسئلة الباب السادس

السؤال الأول: علل خمس نقاط ممايلي:

١- لا يدور القمر حول نفسه في مدة تساوي الشهر القمري .

٢- للأرض مجال مغناطيسي .

٣- نري وجها ثابتا من القمر .

٤- تزداد درجة الحرارة كلما ارتفعنا في طبقة الستراتوسفير .

٥- عاكسية الأرض عالية .

٦- عدم وجود مجال مغناطيسي للقمر .

السؤال الثاني: أحب بصح أو بخطأ: .

١- الفريون يتفاعل مع غاز الأوزون .

٢- الغلاف الجوي للقمر أقل سمكا من غلاف الأرض .

٣- ثاني أكسيد النيتروجين يتفاعل مع الأشعة فوق البنفسجية .

٤- أكسيد النيترك يتفاعل مع الأوزون .

٥- يتحلل ثاني أكسيد النيتروجين بواسطة الضوء المرئي .

٦- يوم القمر أقصر من يوم الأرض .

٧- توجد بحار وأنهار علي القمر .

٨- الغلاف الجوي للقمر أكبر من الغلاف الجوي للأرض رغم ضعف جاذبيته .

٩- طبقة الأوزون توجد بين طبقتي الستراتوسفير والميزوسفير .

١٠- ظاهرة البيت الزجاجي غير موجودة علي الأرض .

السؤال الثالث: اختر أصح الاجابات فيمايلي:

١- الأشعة فوق البنفسجية تتفاعل مع :

أ- الأوزون ب- الكلور

ج- أكسيد الكلور د- جميع ماسبق

٢- يتكون الغلاف الجوي من :

أ- ٤ طبقات　　　ب- ٣ طبقات

ج- طبقة واحدة　　　د- غير معلوم

٣- تغيرات الطقس تحدث في طبقة :

أ- التروبوسفير　　　ب- الستراتوسفير

ج- الميزوسفير　　　د- الأوزون

٤- طبقة الأوزون تقع بين :

أ- التروبوسفير والميزوسفير　　　ب- التروبوسفير والستراتوسفير

ج- الميزوسفير والستراتوسفير　　　د- غير ذلك

٥- غاز أكسيد الكلور في طبقة الأوزون يتفاعل مع :

أ- الكلور　　　ب- الأشعة فوق البنفسجية

ج- الفريون　　　د- غير معلوم

٦- غاز الأوزون يحمي الأرض من :

أ- الأشعة فوق البنفسجية　　　ب- الضوء المرئي

ج- الأشعة الراديوية　　　د- جميع ماسبق

٧- تغيرات الطقس تعتمد علي :

أ- دوران الأرض حول نفسها　　　ب- تغيرات الحرارة

ج- المجال المغناطيسي　　　د- الشفق القطبي

٨- الشفق القطبي :

أ- يحدث في جميع أنحاء الأرض

ب- يحدث كل صباح

ج- ناتج عن تفاعل الرياح الشمسية مع المجال المغناطيسي للأرض

د- ناتج عن تفاعل الرياح الشمسية مع المجال المغناطيسي للشمس

٩- القمر يعتبر من الناحية الجيولوجية :

أ- نشط   ب- خامل

ج- أنشط جسم في المجموعة الشمسية بعد الأرض

١٠- يحيط بالقمر غلاف جوي :

أ- سميك   ب- رقيق

ج- لايوجد غلاف جوي حوله   د- غير معلوم

١١- القمر :

أ- له مجال مغناطيسي مثل الأرض   ب- ليس له مجال مغناطيسي

ج- له مجال مغناطيسي أقوي مما حول الأرض   د- غير معلوم

* * * * *

* * * *

* * *

* *

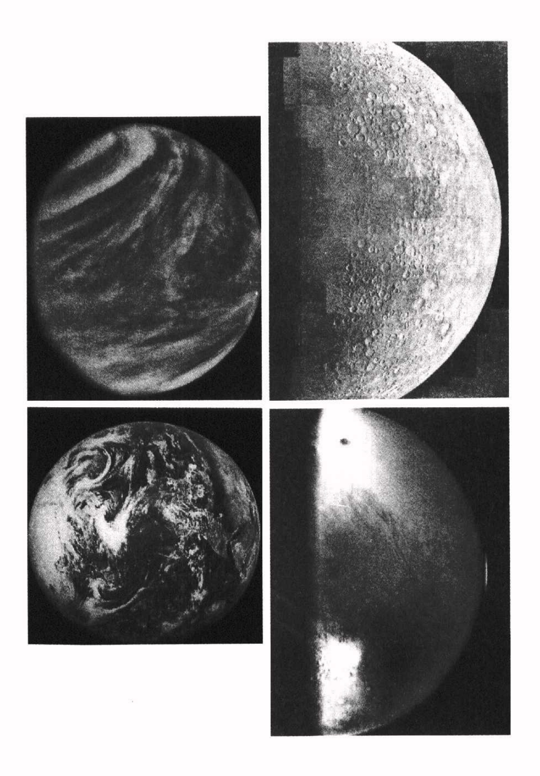
*

الباب السابع

الكواكب شبيهة الأرض

الباب السابع
الكواكب شبيهة الأرض

أثبت جـابر بن أفلح أبو مـحـمـد أن الزهرة والمريخ أقـرب إلى الأرض من الشـمس. (توفي سنة ١١٥٠ ميلادية).



شكل (٧-١) الكواكب شبيهة الأرض وهي بالترتيب من أعلى من اليمين : عطارد - الزهرة ثم أسفل من اليمين : المريخ - الأرض

رغم أن كل كوكب من كواكب المجموعة الشمسية له من الصفات ما تميزه عن غيره من الكواكب إلا أننا يمكن أن نميز الأرض وعطارد والزهرة والمريخ والمسماة بالكواكب شبيهة الأرض بصفات عامة ، نوجزها فيما يلي :

١- فهي صغيرة في الحجم والكتلة بالمقارنة مع الكواكب شبيهة المشترى.

٢- ذات كثافة عالية ، والسبب في ذلك تبخر الغازات الخفيفة منها لقربها من الشمس ولضعف جاذبيتها نسبيا.

٣- قريبة من الشمس ومن بعضها البعض فالمسافات البينية بين بعضها البعض صغيرة إذا ما قورنت بالمسافات بين الكواكب الخارجية .

٤- لها سطح صلب وهذا يمكن أن نفهمه على أن قرب هذه الكواكب من الشمس قد أسرع بتكون القشرة الصلبة عليها.

٥- لا يوجد في غلافها الجوي هيدروجين رغم أنه العنصر الأساسي في مادة الكون وذلك لتبخره منها.

٦- تتمتع بدرجات حرارة عالية نسبيا لقربها من الشمس .

ولنبدأ الآن بالتجول بين هذه الكواكب واحدا بعد الآخر بعد أن درسنا الأرض وفهمنا الكثير من أياتها المشوقة. وأول محطة نقف عندها كوكب عطارد .

عطـــــارد
الكوكب الذي ليس له غلاف جوي

لقرب عطارد من الشمس فإنه يرى لمدة ساعتين علي الأكثر إما بعد غروب الشمس أو قبل الشروق وتصعب رؤيته فيما عدا ذلك لقربه من الشمس . زاوية ميل المحورين لكوكب عطارد هي ٢٨ درجة (حوالي ساعتين)، وأبعد نقطة لعطارد في مداره تزيد ٥٠٪ عن أقرب نقطة كما هو مبين في جدول (٧-١)، كما أن مداره يميل على دائرة البروج بزاوية مقدارها ٧° ولايشاركه في هذا الشذوذ إلا كوكب بلوتو . لقد كان العلماء يظنون أن كوكب عطارد يدور حول الشمس بوجه ثابت تماما كما تدور الأقمار حول الكواكب وذلك لقربه منها ولكن باستخدام قانون فينز Wein's law لقياس الحرارة اتضح أن درجة الحرارة على نصف عطارد المواجه للشمس ٧٠٠ درجة مطلقة وعلى النصف الآخر ١٠٠ درجة مطلقة ، وبالطبع ١٠٠ درجة مطلقة تعني برودة شديدة ولكن باعتبار أن النصف البعيد عن الشمس لا تصله حرارة الشمس فقد كان الظن الغالب أن درجة الحرارة على هذا النصف الذي لايرى الشمس ستكون أبرد من ذلك ، مما حدا بالعلماء أن يتساءلوا عن السبب في درجة الحرارة الملحوظة على سطح عطارد البعيد عن الشمس ؟ لقد أظهر الرصد الراداري أن عطـــارد يدور حول نفسه في ٥٩ يوماً بينما يدور حول الشمس في ٨٨ يوماً وهذا يعني أن عطارد يدور حول نفسه في فترة أقل من دورته حول الشمس مما يجعل كل جزء من سطح عطارد يتعرض للشمس في جزء من الوقت وهذا يفسر أن درجة الحرارة على النصف الآخر ١٠٠ درجة مطلقة وليست أقل من ذلك. وفي الحقيقة فإنه في نهاية كل دورتين لعطارد حول الشمس يكون قد أتم ثلاث دورات حول نفسه. وهذه النسبة ٣:٢ تعطينا نوعا آخر من الحركات التي يظهر فيها تأثير الجاذبية وارتباط الدوران بها [انظر شكل (٧-٣)]. ففي حالة الأقمار، تحكم الجاذبية دوران الأقمار فتجعلها تدور حول الكواكب بوجه ثابت. أما في حالة عطارد فإنه رغم قوة جاذبية الشمس عليه لقربه منها إلا أنه في الوقت ذاته يدور الكوكب حول نفسه بحيث يكون الجزء الثقيل مرة مواجها للشمس عند أقرب نقطة ومرة يكون بعيدا بحيث يحدث توازن بين دورانه وتأثير جاذبية الشمس. ومما سبق يتضح أن كوكب

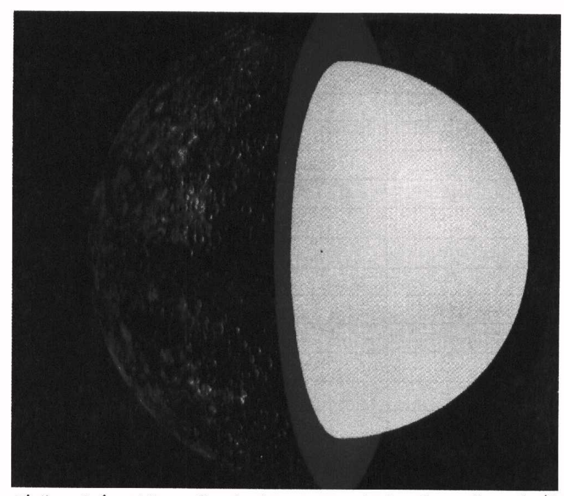
جدول (٧-١) عطارد

المحور الكبير	٣٨٧ر. وحدة فلكية
أقرب مسافة	٣٠٨ر. وحدة فلكية
أبعد مسافة	٤٦٧ر. وحدة فلكية
مقدار الاستطالة	٢٠٦ر.
السنة	٨٧ر٩٧ يوم
ميل المدار	٧° ٠´ ١٥´´
اليوم	٥٨ر٦٥ يوم
ميل المحورين	٢٨°
القطر	٣٨٢ر. قطر أرضي
الكتلة	٠٥٥٨ر. كتلة أرضية
الكثافة	٥ر٥ جم/سم٣
قوة الجاذبية	٣٨ر. جاذبية أرضية
سرعة الهروب	٤ر٣ كم/ث
درجة الحرارة	٧٠٠ (نهار) - ١٠٠ (ليل) كيلفن
العاكسية	١٠٦ر.
عدد الأقمار	لا يوجد

عطارد يواجه الشمس بنفس الجانب مرة كل دورتين ليعطينا بذلك نموذجاً آخر لارتباط الدوران بالحركة في المدار . يعتبر كوكب عطارد أكبر قليلا من القمر في الحجم وكتلته ٠,٠٦ من كتلة الأرض وكثافة المادة علية قريبة من مثيلتها على الأرض ، ولكن لقربه الشديد من الشمس فإنه لا يوجد عليه غلاف جوي ولذلك فإن درجة عاكسيته صغيرة .

المجال المغناطيسي والتركيب الجيولوجي:

رغم أن كثافة المادة على عطارد قريبة من قيمتها على الأرض إلا أن دوران عطارد ببطء يجعلنا نظن أنه لايوجد عليه مجال مغناطيسي ، كما أن صغر كتلته وضعف جاذبيته يؤديان إلى قلة الضغط الداخلي وبالتالي سرعة برودة المركز ليتحول إلى مادة صلبه وهذا يدعو للاعتقاد بعدم وجود مجال مغناطيسي ولكن رحلات الفضاء أثبتت وجود مجال مغناطيسي مقداره حوالي ١٪ من مجال الأرض المغناطيسي وهذا يدل على وجود مواد منصهرة في باطن الكوكب بل يمكن القول إن نصف قطر اللب لابد وأن يكون كبيرا بحيث يكون محتويا على نسبة كبيرة من العناصر الثقيلة مما يوضح الكثافة العالية لكوكب عطارد . وفي الحقيقة يبدو أن حجم لب عطارد يساوي تقريبا حجم القمر كما هو مبين في شكل(٧-٢) ، أما الوشاح والقشرة فهما طبقتان صغيرتان(ربع اللب) ، ونفهم مما سبق أن كوكب عطارد قد تخلص من العناصر الخفيفة وتكونت القشرة الصلبة عليه بسرعة نتيجة قربه من الشمس ، ومن الناحية الجيولوجية فإن سطح عطارد يبدو مستقرا وليس عليه أي نشاط جيولوجي (براكين أو زلازل) تماما مثل القمر كما أنه ليس له غلاف جوي .



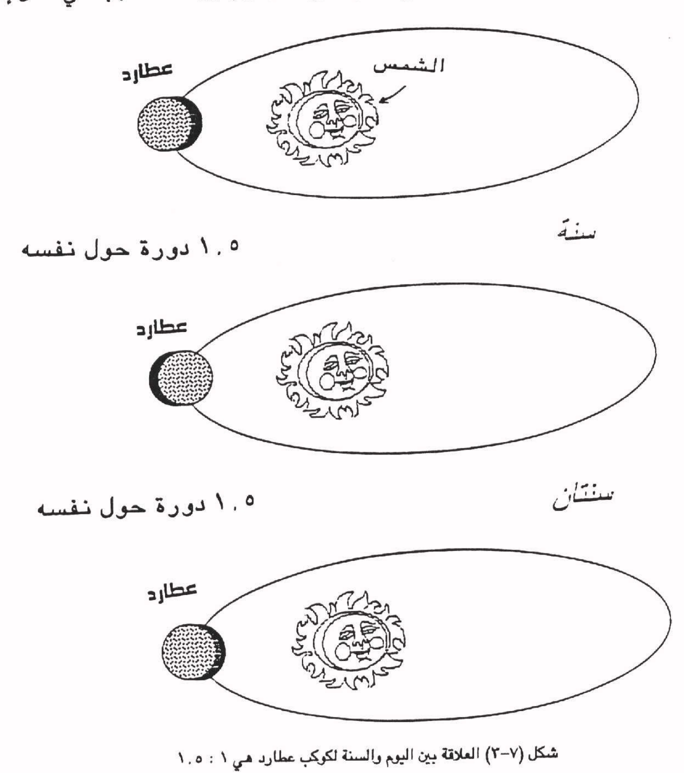
شكل (٧-٢) يتكون عطارد من ثلاث طبقات : قشرة ووشاح ولب. ولكن من الواضح أن لبه يمثل أغلب حجم الكوكب فحجم لبه في حدود حجم القمر مما يعني أن القشرة والوشاح لعطارد صغيران في السمك . لقد تكونت قشرة عطارد في زمن وجيز نتيجة قربه من الشمس وبالتالي مازال ساخناً من داخله

حركة مدار عطارد:

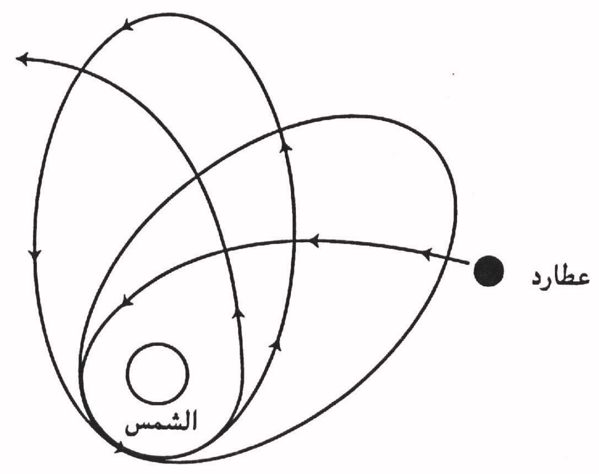
تكون سرعة عطارد أعلى مايمكن حينما يكون في أقرب نقطة في مداره من الشمس كما هو الحال لبقية الكواكب ، ونتيجة قرب عطارد الشديد من الشمس فإنه يكتسب سرعة زائدة عند أقرب نقطة كما توضح نظرية النسبية مما يؤدي إلى انحراف محور مداره بشكل مستمر كما هو مبين في شكل (٧-٤) .

تضاريس السطح:

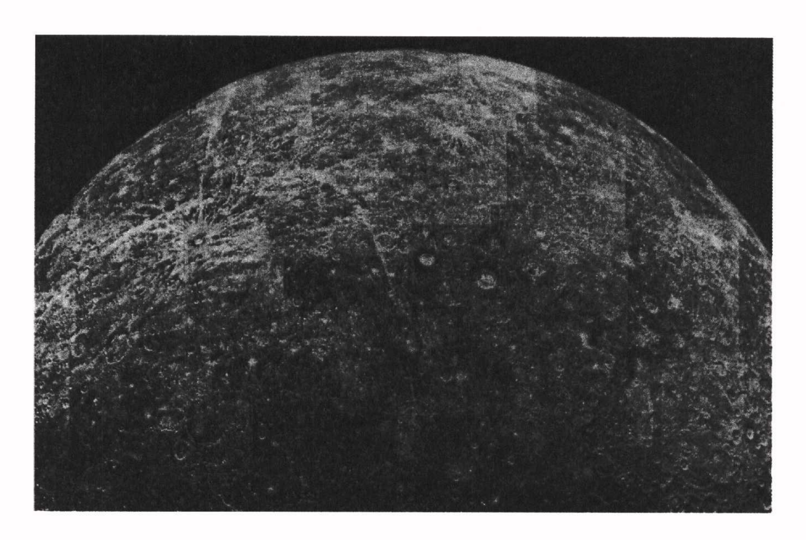
تشبه تضاريس سطح كوكب عطارد إلى حد كبير تضاريس سطح القمر فهناك المنخفضات وكذلك الفوهات وهي تتميز بحواف أقل ارتفاعا مما كانت عليه في القمر كما أن المسافات بين الفوهات في عطارد كبيرة وذلك بسبب الكثافة العالية على عطارد ، ويحتمل أن يكون عدد الشهب التي تصل إلى



شكل (٧-٣) العلاقة بين اليوم والسنة لكوكب عطارد هي ١ : ١.٥



شكل (٧-٤) انحراف مدار عطارد حول الشمس. نتيجة قرب عطارد من الشمس فإنه عندما يكون في أقرب نقطة من الشمس يكتسب سرعة زائدة تؤدي إلى انحراف مداره حول الشمس كما في الشكل



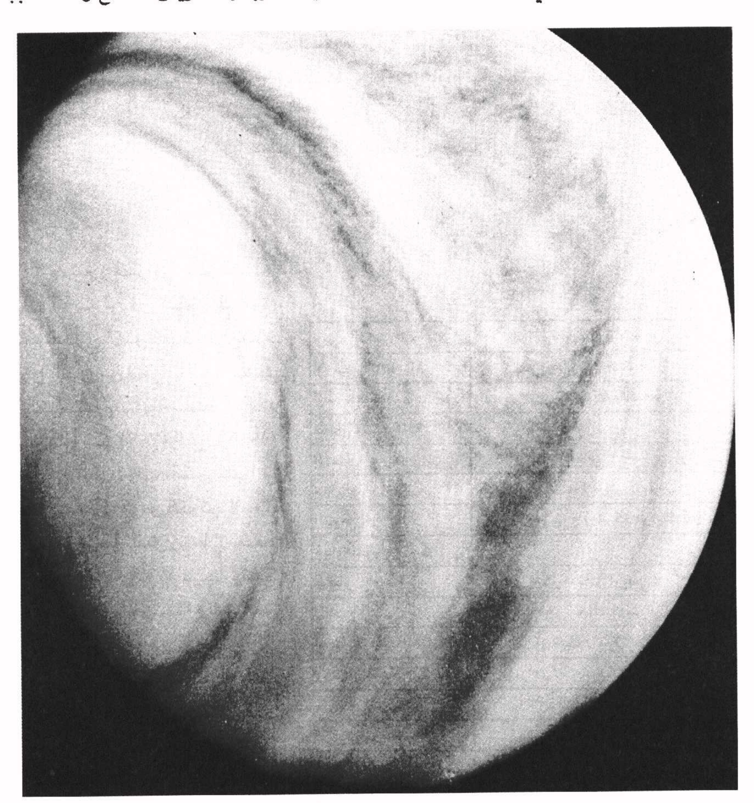
شكل (٧-٥) كوكب عطارد وهو يشبه القمر إلى حد كبير في ظاهرة الفوهات.

عطارد أقل مما يصل إلى القمر حيث يكون تأثير الشمس والرياح الشمسية على مسح الشهب كبيراً فتقل مادة مابين الكواكب بالقرب من الشمس. وإذا اصطدمت مادة الشهب بسطح القمر فإنها تنتشر إلى مسافة كبيرة لضعف جاذبيته ولكنها على كوكب عطارد لاتتحرك لمسافة كبيرة فالجاذبية على عطارد أكبر مما هي على القمر. ويتميز سطح عطارد بنوع من المنحدرات العالية شديدة الميل مما يعني أن سطح عطارد قد تشقق بعد برودة قشرته بسرعة بسبب قربه من الشمس. ولاتوجد هذه الظاهرة على أي كوكب آخر من كواكب المجموعة الشمسية.

كوكب الزهرة
(البيت الزجاجي)

استكشاف كوكب الزهـــرة :

لقد تركزت رحلات الفضاء على كوكبي الزهرة والمريخ ولقد كان للرحلات الفضائية الروسية الدور القيادي في استكشاف كوكب الزهرة وذلك من خلال مجموعة المركبات المسماه فينيرا وهو اسم الزهرة باللغة الروسية . ولقد تهشمت أول مركبة بسبب الضغط العالي في الغلاف الجوي للزهرة . ولكن الرحلات فينيرا ٧ ثم ١١ ، ١٢ استطاعت أن تأتي بصور دقيقة من سطح كوكب الزهرة ، استمرت رحلات أخرى في دراسة كوكب الزهرة من حيث التربة وتضاريس السطح ولقد تسببت



شكل (٧-٦) كوكب الزهرة ويتميز بسحب كثيفة تخفي معالم سطحه

الظروف الوعرة الموجودة على سطح كوكب الزهرة في صعوبة عمل رحلات الفضاء ولذلك لم تستطيع مركبات الفضاء العمل أكثر من عدة ساعات ٠

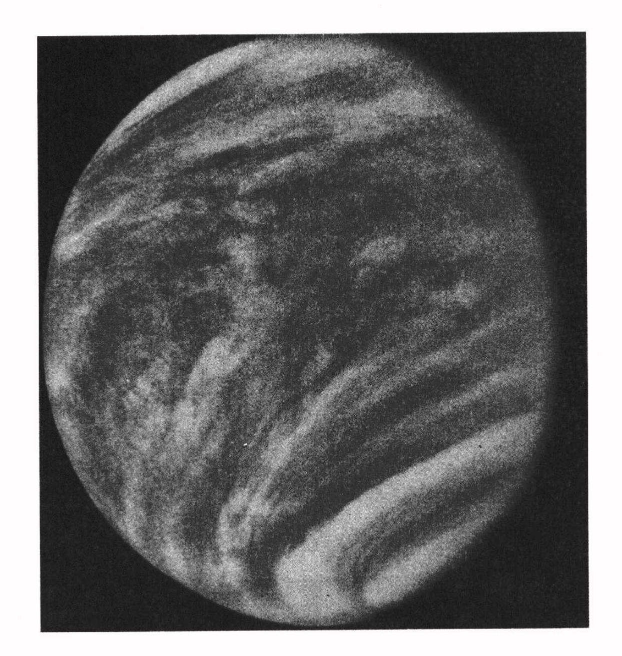
وفي عام ١٩٨٩ أرسلت مركبة ماجلان لتحوم حول الزهرة لدراسته عن قرب وذلك باستخدام الرادار ، وهذه الرحلة تشبه بشكل عام مركبتي فينيرا ١٥، ١٦ ولكنها استخدمت نظاماً أفضل في التصوير والتحليل ٠ ولنبدأ الآن في التعرف على كوكب الزهرة عن قرب حيث أظهرت الدراسات السابقة أن سطح الزهرة يختلف عن كل من سطحي الأرض والمريخ ٠ فسطحه بشكل عام منخفض و ١٠٪ فقط من سطحه عبارة عن ارض مرتفعة تشبه القارات علي الأرض ٠ وأكبر هضبة عليه في حجم قارة أفريقيا ٠ وأعلى جبال الزهرة موجود في منطقة مواجهة للأرض حينما يكون الزهرة عند أقرب نقطة من الأرض مما يساعد على دراسته بشكل دقيق ٠ وبدراسة اثنين من المناطق الجبلية وهما ألفا وبيتا على الزهرة اتضح أن تربتيهما بازالتيه مما يشير الى أنها ناتجة عن براكين ، كما رصدت رحلات الفضاء عدة مرات الصواعق في نفس المنطقة والتي من المحتمل أن تشير إلى وجود براكين فعالة . بسبب كثافة السحب على الزهرة فإن أشعة الشمس ينفذ القليل منها حتى يصل إلى سطحه ولذلك يكون الضوء على سطح الزهرة متميزاً بلون يميل إلى الحمرة بينما يمنع الطيف الأزرق من الدخول خلال السحب الكثيفة المحيطة بالكوكب ٠

خواص عامة:

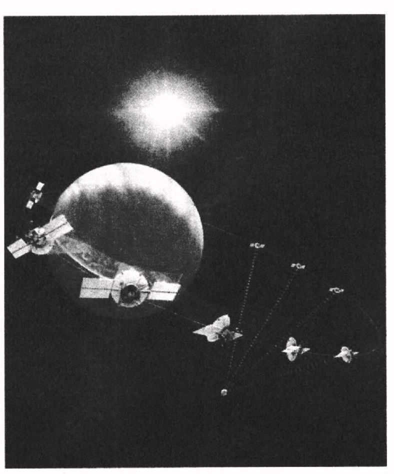
ألمع جسم يظهر في السماء بعد غروب الشمس هو كوكب الزهرة ، غلافه الجوي أكثر كثافة من غلاف الأرض الجوي ويغطي سطحه سحب كثيفة تحجب رؤية سطحه [انظر الأشكال من (٧-٧) إلى (٧-١٠)] ولكنها في نفس الوقت تعكس كثيرا من أشعة الشمس فيبدو الكوكب لامعا ، ولذلك تبلغ درجة الحرارة علي سطحه ٧٥٠ درجة مطلقة (٤٧٧ درجة مئوية) وهذا يعني أنه ساخن جدا والسبب في ذلك لا يرجع لقربه من الشمس ولكن لأن طبقة السحب الكثيفة تمنع الأشعة تحت الحمراء التي تنبعث من سطحه من الخروج بالإضافة إلى ذلك فإن غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 والذي يمثل العنصر الأساسي في غلاف

جدول (٧-٢) كوكب الزهرة

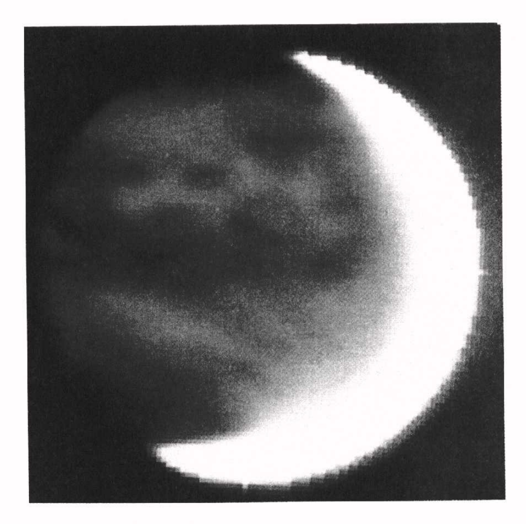
المحور الكبير	٧٢٣ر٠ وحدة فلكية
أقرب مسافة	٧١٨ر٠ وحدة فلكية
أبعد مسافة	٧٢٨ر٠ وحدة فلكية
مقدار الاستطالة	٠٠٧ر٠
السنة	٧ر٢٢٤ يوم
ميل المدار	٣° ٢٣´ ٤٠´´
اليوم	٢٤٣ يوم (حركة تراجعية)
ميل المحورين	٣°
القطر	٩٥١ر٠ قطر أرضي
الكتلة	٨١٥ر٠ كتلة أرضية
الكثافة	٣ر٥ جم/سم٣
قوة الجاذبية	٩ر٠ جاذبية أرضية
سرعة الهروب	٣ر١٠ كم/ث
درجة الحرارة	٧٥٠ كيلفن
العاكسية	٦٥ر٠
عدد الأقمار	-



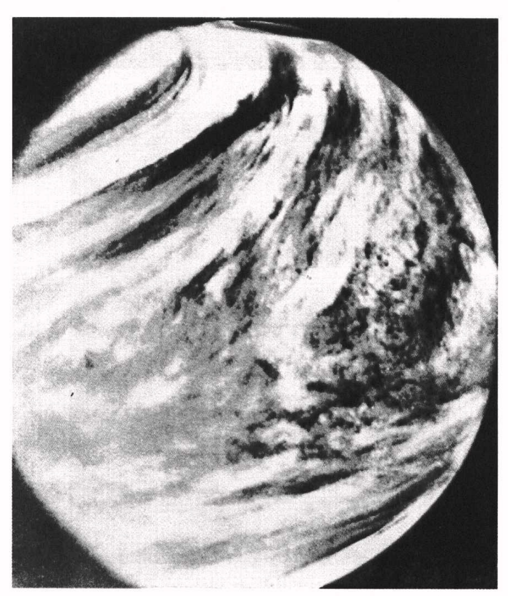
شكل (٧-٧) صورة بالأشعة فوق البنفسجية لكوكب الزهرة ويظهر فيها شكل وكثافة السحب في الغلاف الجوي للكوكب



شكل (٧-٨) هذا رسم تخيلي لمركبة ماجلان وهي تعمل قرب الزهرة، وترسل المعلومات إلى الأرض



شكل (٧-٩) صورة بالأشعة تحت الحمراء للجانب الليلي لكوكب الزهرة



شكل (٧-١٠) صورة لكوكب الزهرة أخذت بواسطة مركبة الفضاء مارينر ١٠

الزهرة يمنع الحرارة من الخروج خارج الكوكب وبذلك تدخل أشعة الشمس ولاتخرج ثانية ، وتسمى هذه الظاهرة ظاهرة البيت الزجاجي ومثال على ذلك اننا إذا وضعنا سيارة في مكان معرض للشمس ونوافذ السيارة مغلقة فعند فتحها نجد أن درجة الحرارة داخلها تكون عالية جدا . ومن المعلومات المدهشة عن كوكب الزهرة أنه يدور حول نفسه في ٢٤٣ يوم ارضي بينما يدور حول الشمس في ٢٢٥ يوم فقط ، كما أن حركته تراجعية. وهذه ظاهرة لا يوجد لها تفسير مقنع فربما حدث شيء ما أثناء تكون كوكب الزهرة أو بعد ذلك تسبب في بطئه وفي حركته التراجعية . يميل مداره حول الشمس على مدار الأرض حول الشمس بزاوية صغيرة مقدارها ثلاث درجات فقط كما أن الزاوية بين مداري دورانه حول نفسه وجول الشمس أيضا صغيرة ، وهو قريب الشبه بالأرض من حيث الحجم والكتلة والكثافة ، أما درجة العاكسية عليه فاعلى من الأرض بكثير ولذلك فهو يظهر بعد غروب الشمس كالمع جسم في السماء بعد القمر. ورغم أن كوكب الزهرة كبير نسبيا إلا أنه ليس له أقمار تدور حوله .

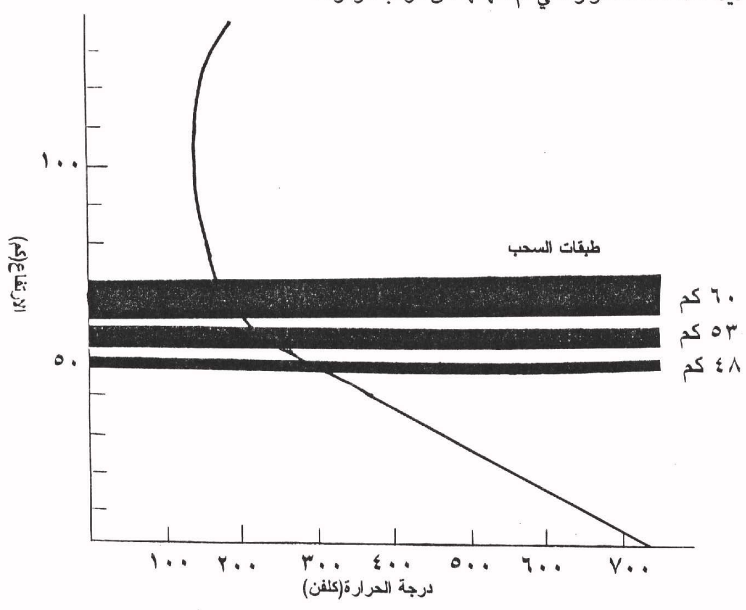
الغلاف الجوي للزهرة:

جدول (٧-٣) تركيب الغلاف الجوي في كل من الأرض والزهرة والمريخ

الغـــاز	الزهـــرة	المريـــخ	الأرض
ثاني أكسيد الكربون	٩٦	٩٥	٠٣ر
نيتروجين	٥ر٣	٧ر٢	٧٨
أرجون	٠٠٦ر	٦ر١	٩٣ر
أكسجين	٠٠٣ر	١٥ر	٢١
نيون	٠٠١ر	٠٠٠٣ر	٠٠٢ر

يحتوي الغلاف الجوي لكوكب الزهرة على نسبة ٩٦٪ ثاني أكسيد الكربون ٥ر٣٪ نيتروجين ثم عناصر أخرى بكميات ضئيلة جدا ومن الجدير بالذكر أن نسبة ثاني أكسيد الكربون على الأرض مساوية لمثيلتها على كوكب الزهرة إلا أنه في الأرض موجود داخل الصخور الكربونية وليس في الغلاف الجوي كما هو الحال في الزهرة . أما بخار الماء فهو موجود بنسبة $١٠^{-٤}$ وهي نسبة صغيرة ومع ذلك فإن درجة الحرارة العالية على سطح الزهرة تحول دون تحول بخار الماء إلى الحالة السائلة. ويوجد في الغلاف الجوي ثلاث طبقات من السحب على الارتفاعات ٤٨ ، ٥٣ ، ٦٠ كم كما هو مبين في شكل (٧-١١)، وتبلغ درجة الحرارة في قمة السحب ٢٤٠ درجة مطلقة وتزداد كلما اقتربنا من سطح الكوكب ، ويزداد الضغط كذلك بحيث يصل على سطح الزهرة إلى ٩٠ مـــرة قدر الضغط على سطح الأرض. تبدو سحب الغاز مستقرة لاتتحرك بخلاف الحال على الأرض . وذلك لبطء الكوكب في دورانه حول نفسه. وتراكم السحب في غلاف الزهرة ادى إلى ارتفاع كل من الضغط والكثافة في الغلاف الجوي للزهرة . ونتيجة للبطء الشديد في دوران الكوكب حول نفسه لايوجد حوله مجال مغناطيسي يحميه وبالتالي فإن الرياح الشمسية تدخل بسهولة إلى سطحه

فتحدث شفقاً بصورة قوية بحيث تؤثر على العمليات الكيمائية على سطح كوكب الزهرة ۰ وهناك حركة في منطقة السحب في اتجاه دوران الكوكب وتقل السرعة حتى تنعدم على السطح ، كما توجد حركة رأسيـــــة وذلك عندما تسخن المناطق التي تعلوها الشمس فيتحرك تيار ساخن حتى يصل إلى المناطق الباردة عند القطبين أو الأماكن غير المواجهة للشمس ، والفرق بين هذه الحركة ومثيلتها على الأرض أنها تكون محلية على سطح الأرض بينما هي تشمل كوكب الزهرة بشكل عام وقد يحدث شفق على الوجه المظلم أيضا نتيجة تكون جزيئات من الغازات المتحركة ۰ وقد تم رصد الفوهات الناشئة من البراكين على سطح الزهرة مما يؤكد وجود براكين ولكننا لسنا متأكدين ما إذا كانت هذه البراكين مازالت فعالة أم لا. أما تركيب الكوكب الجيولوجي فيشبه جدا التركيب الجيولوجي للأرض ۰ وتعادل كمية الطاقة التي يستقبلها كوكب الزهرة من الشمس ضعف مانستقبله على الأرض ، فهل يعد هذا هو السبب في أن كوكب الزهرة يختلف في تركيب غلافه عن غلاف الأرض ، حيث لايوجد عليه ماء والظروف على سطحه وصلت الى ماهي عليه الآن من سحب كثيفة ودرجة حرارة عالية ؟ في الحقيقة يعتبر الدوران البطئ للكوكب حول نفسه بشكل تراجعي هو السبب الرئيسي فيما حدث عليه من تغيرات . ولكن ما السبب في هذه الحركة الدورانية الغريبة في بطئها الشديد؟ هذا أحد الأسرار التي لم نفهمها عن كوكب الزهرة .



شكل (٧-١١) تركيب الغلاف الجوي للزهرة . توجد ثلاث طبقات من السحب على ارتفاعات ٤٨كم و٥٣كم و٦٠كم

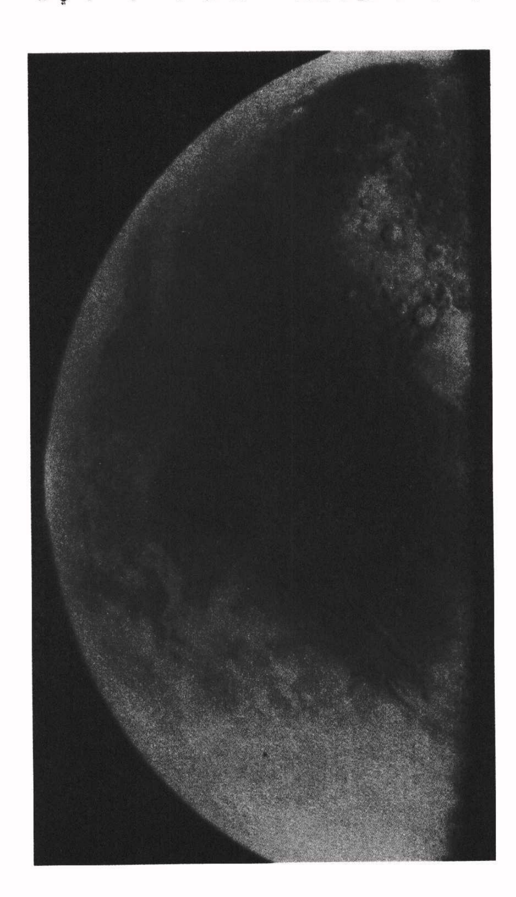
جيولوجية الزهرة :

يشبه كوكب الزهرة الأرض من الناحية الجيولوجية وكذلك من حيث الحجم ولكن لايوجد عليه ماء ، وتنقسم تضاريسه إلى منخفضات ذات فوهات كبيرة تمثل ٦٪ من سطح الكوكب ومنخفضات عادية وتمثل ٢٧٪ من السطح ، بالإضافة إلى مرتفعات بعضها من البراكين وتمثل ٨٪ من سطحه. ويوجد على سطح الزهرة كذلك بعض الظواهر التي تدل على نشاطه الجيولوجي. فهناك شواهد على وجود براكين وتغير نسبة SO_2 وهو غاز بركاني إلى غير ذلك من الشواهد. وكثافة مادة الزهرة عالية مما يدل على أن اللب الداخلي للزهرة كبير ولكن يبدو أن البطء الشديد للكوكب في دورانه حول نفسه هو السبب في عدم وجود مجال مغناطيسي .

المريخ
والبحث عن الحيــاة

استكشاف المريخ:

شكل (٧-١٢) كوكب المريخ ويتميز بلونه الأحمر بسبب كثرة أكاسيد الحديد في تربته



لقد ظل الإنسان فترة طويلة من الزمن ينظر للمريخ على أنه كوكب أهل بالحياة ففيه تغيرات مناخية قريبة الشبه بما على الأرض ودرجة حرارته في الصيف قريبة لما نألفه على كوكبنا الأرض وقد رصدت قنوات وأنهار تشبه الأنهار على الأرض . ولكن هذه الآمال بدأت تتبدد مع بدء رحلات الفضاء لاستكشاف المريخ ، فقد أظهرت رحلة مارينر ٤ في سنة ١٩٦٥ م أن سطح المريخ به حفر كثيرة ومظاهر سطحه تدل على أنه لايصلح للحياة. لقد كانت هذه النتائج الأولية بمثابة صدمة خيبت امال الكثيرين. ولقد تأكدت النتائج نفسها وبصورة أدق في رحلتي مارنير ٦، ٧. أما مارنير ٩ فقد صورت العديد من المظاهر الجيولوجية للمريخ ، وبهذه الرحلات أصبح الطريق ممهدا أمام رحلات فايكنج لعمل أبحاث دقيقة عن تحليل الغلاف الجوي

للتعرف على تركيبه والمواد المكونة لتربته واحتمال وجود خلايا عضوية كما تم عمل محطة لدراسة الطقس على المريخ.

خواص عامة:

لقد جذب كوكب المريخ الفلكيين فترة طويلة للونه الأحمر الذي يميزه . وبعد رصده بالتلسكوب اتضح أن شكل الكوكب يتغير ومساحات الألوان المختلفة تتغير من وقت لآخر مما جعل الفلكيين يتصورون أن كوكب المريخ عليه حضارة ، فالثلوج التي تكون كثيرة في الشتاء تقل في الصيف ، والمناطق التي تبدو بلون أخضر قد تكون وديانا مليئة بالخضرة . ومن هنا كان تركيز رحلات الفضاء على كوكبي الزهرة والمريخ ، وبقياس درجة حرارته وجد أنها تتراوح مابين ٣٠٠ درجة مطلقة و١٤٥ درجة مطلقة ولكن الغلاف الجوي للمريخ يظل في غالب الوقت في درجة حرارة أقل من درجة التجمد للماء. ورغم صغر المريخ إلا أنه يرى بالعين المجردة بلونه الأحمر. من ملاحظة الفرق بين أقرب وأبعد مسافة لكوكب المريخ عن الشمس نجد أن استطالة مداره أكثر مما في مدار الأرض ولذلك تختلف الفصول عليه بشكل رئيسي بسبب فلطحة مداره. يميل مداره حول الشمس بزاوية صغيرة على دائرة البروج كما هو مبين في جدول (٧-٤). والزاوية بين محوريه مشابهة لزاوية ميل دائرة البروج كما أن طول اليوم عليه قريب من طول اليوم على كوكبنا الأرض ويتم المريخ دورته حول الشمس في عامين تقريبا. يصغر كوكب المريخ عن الأرض فكتلته عشر كتلة الأرض ولكن قطره يبلغ نصف قطر الأرض مما يعني أن كثافته المتوسطة أصغر مما على الأرض وهذا بدوره يجعلنا نرجح أن اللب الداخلي للمريخ أصغر بكثير مما هو موجود في باطن الأرض . درجة الحرارة على سطح المريخ العالية تجعلنا نظن أن هناك أملاً للحياة عليه وإن كانت درجة البرودة هناك مخيفة حيث تصل إلى حوالي ١٣٠ تحت الصفر . ونتيجة لصغر المريخ فإن له غلافا جويا رقيقا ولذلك فإن درجة عاكسيته أقل مما هو للأرض وبالتالي فهو أقل لمعانا من الزهرة وقريب في حجمه الظاهري الذي نراه به من الحجم الظاهري لكوكب المشترى وذلك لبعد المشترى عنا. ولكوكب المريخ قمران صغيران يدوران حوله يشبهان الكويكبات في الشكل والحجم .

جدول (٧-٤) الخواص العامة للمريخ

المحور الكبير	٥٢٤ر١ وحدة فلكية
أقرب مسافة	٣٨١ر١ وحدة فلكية
أبعد مسافة	٦٦٧ر١ وحدة فلكية
مقدار الاستطالة	٩٣.ر.
السنة	٨٨١ر١ سنة
ميل المدار	٥١´ ١°
اليوم	٢٤ س ٣٧ ق ٢٢.٦ ث
ميل المحورين	٥٩´ ٢٣°
القطر	٥٣١ر. قطر أرضي
الكتلة	١٠٧ر. كتلة أرضية
الكثافة	٩٦ر٣ جم/سم٣
قوة الجاذبية	٣٨ر. جاذبية أرضية
سرعة الهروب	٥ كم/ث
درجة الحرارة	٣٠٠ - ١٤٥ (K)
العاكسية	١٥ر.
عدد الأقمار	٢

الغلاف الجوي :

لكوكب المريخ غلاف جوي رقيق بالمقارنة بغلاف الأرض الجوي والضغط على سطحه ٠٠٦ر من الضغط علي سطح الأرض ويتكون الغلاف الجوي على المريخ من ثاني اكسيد الكربـــــون بنسبة ٩٥٪ و نيتروجـــين بنسبة ٧ر٢٪ وأرجـــون بنسبة ٦ر١٪ ثم مجموعة عناصر (اكسجين، أول أكسيد الكربون ، بخار الماء ، نيون ، أوزون ، كريبتون ، إكسنون) بكميات ضئيلة جدا ونسبة بخار الماء على المريخ صغيرة جدا ، وذلك لأن درجة الحرارة تظل غالبا أقل من درجة التجمد .

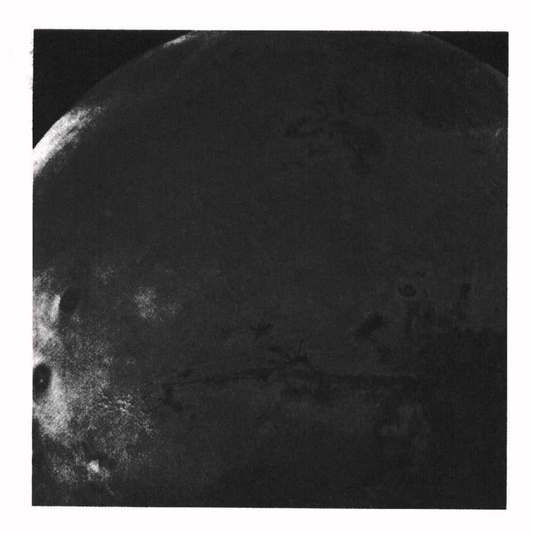
تظهر في غلاف المريخ طبقة التربوسفير كتلك التي توجد في الغلاف الجوي للأرض حيث يتم في هذه الطبقة انتقال الحرارة بالحمل وعمق هذه الطبقة حوالي ١٠ كم أثناء النهار ولكنها تختفي أثناء الليل وذلك لشدة البرودة .

مكونات الغلاف الجوي للمريخ

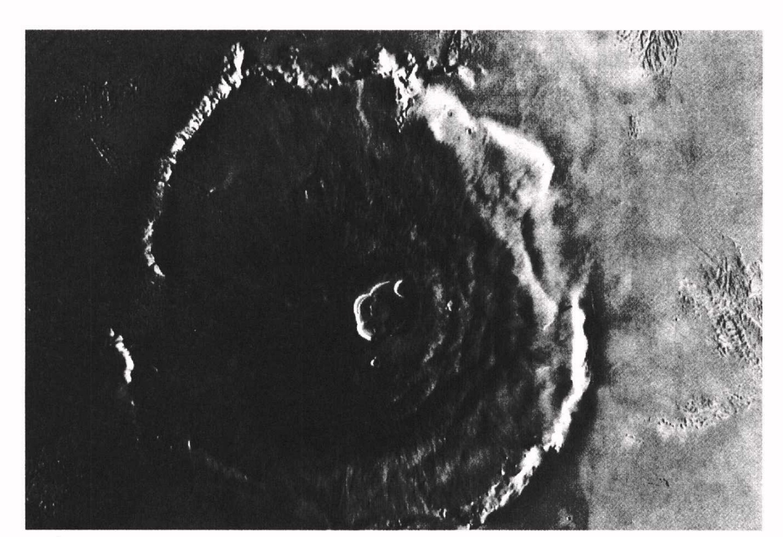
المركـــــــــب	النسبة المئوية ٪
ثاني اكسيد الكربون	٣ر٩٥
نيتروجين	٧ر٢
أكسجين	١٥ر
مـــــاء	٠٣ر
نيـــــون	٠٠٠٣ر

وقد وجد أن القبعات البيضاء من الثلج التي تغطي قطبي كوكب المريخ عبارة عن ثاني أكسيد الكربون في حالة تجمد و يوجد قليل من ثلج الماء تحت طبقات ثاني اكسيد الكربون، وبذلك فإن التغيرات الموسمية في هذه الثلوج عند القطبين تعني أن ثاني أكسيد الكربون يتبخر في الصيف ويتكثف في الشتاء . وعند القطب الشمالي يتبخر كل ثاني أكسيد الكربون في فصل الصيف لتظهر بذلك طبقة ثلج الماء ولايحدث ذلك عند القطب الجنوبي .

وفي الحقيقة فإن عدم وجود الماء السائل يعتبر أمرا غير مفهوم على سطح المريخ . قد يكون السبب في هذا أن الضغط منخفض جدا وبالتالي فإن جزىء الماء إما أن يكون في حالة بخارية أو حالة صلبة (ثلج) ، ولقد رصدت أنواع متعددة من السحب في الغلاف الجوي للمريخ فهناك الرياح المحملة بالأتربة وسحب بخار الماء وهي تتكون عند الجبال كما يظهر ضباب قريب من السطح كا هو الحال على الأرض كما يتجمع ثاني أكسيد الكربون ليكون سحباً خفيفة من ثلج متبلر وهذا النوع من



شكل (٧-١٣) الوادي المريخي ويبلغ طوله ٥ الاف كم ويحتوي على نظام من الأخاديد حيث يبلغ الأخدود الرئيسي فيه عمق ٧كم واتساع ١٠٠كم وهذه الأخاديد ناشئة عن تشققات في القشرة ومن المعتقد أن جريان الماء فيها لعب دوراً في تشكيلها كما تظهر ثلاث فوهات بركانية على يسار الصورة



شكل (٧-١٤) أحد الفوهات على سطح المريخ

السحب غير موجود على الأرض لأن درجة الحرارة لاتنخفض على الارض إلى حد تكوين ثلج من ثاني أكسيد الكربون . وبشكل عام فإن غلاف المريخ يظل شفافاً واضحاً غير ملبد بالغيوم فيما عدا عند حدوث العواصف الرملية في الصيف .

ومن تغير شكل المريخ في الأوقات المختلفة يتضح أن فصول السنة تختلف على المريخ والسبب في تغير الفصول يختلف عن سببه في الأرض كما بينا سابقا فالمريخ مداره مفلطح بحيث إن كمية الضوء عند أقرب نقطة من الشمس تزيد ١٫٤٥ عن أبعد نقطة من الشمس وقد لوحظ أن الجبال في المريخ أعلى بكثير مما هي على الأرض أو على أي كوكب اخر وقد رصدت صور لأنهار علي سطح المريخ فهل هذه الأنهار كانت من قبل ذلك ممتلئة بالماء والآن تسرب الماء داخل السطح وأصبح متجمداً؟ في الحقيقة هذه الظاهرة تعد من الغاز كوكب المريخ !! و توجد بعض الشواهد التي تدل على نشاط جيولوجي قديم علي المريخ كل هذه التساؤلات والظواهر نبينها في الموضوعات التالية.

قبعات الثلج :

لقد تم رصد قبعتي ثلج على القطبين الشمالي والجنوبي وتتكون قبعات الثلج من ثاني اكسيد الكربون المتجمد والذي يتكون بمجرد انخفاض درجة الحرارة إلى ماتحت ١٥٠ درجة مطلقة. وتمتد قبعات الثلج إلى خط عرض ٥٥° جنوبا و ٤٥° شمالاً ومن الملاحظ أن شتاء الجزء الشمالي من المريخ يكون أقصر وأكثر حرارة من شتاء الجنوب وذلك لأن المريخ يكون قريباً من الشمس في وقت شتاء الشمال. وتتناقص القبعات الثلجية مع ارتفاع درجة الحرارة ولكن يظل في الجنوب قبعة قطرها ٣٥٠ كم من ثاني أكسيد الكربون ويعتقد الفلكيون أن جزءاً منها يتكون من ثلج الماء ولكن لم يرصد أي دليل على وجوده . أما عند القطب الشمالي فإن قبعة الثلج يكون قطرها في حدود ١٠٠٠ كم في فصل الصيف وتتكون من ثلج الماء فقط وبذلك يتضح أن قبعات الثلج تعتبر مخزناً كبيراً للماء المتجمد بالإضافة لما هو موجود من بخار الماء في الغلاف الجوي للمريخ. ولكن الأمر المدهش حقا هو أن صيف الجنوب الحار يحتوي على ثاني أكسيد الكربون المتجمد بينما لايحتوي صيف الشمال على ثاني أكسيد الكربون المتجمد رغم أن الصيف في الشمال يكون أقل في درجة الحرارة ، وربما يكمن التفسير لهذه الظاهرة في العواصف الرملية التي تظهر فقط في النصف الشمالي ولذلك تغطي قبعة الشمال طبقة من الأتربة تمتص اشعة الشمس بكفاءة عالية ولذلك تزداد درجة الحرارة بسرعة لدرجة تؤدي إلى تبخر كل ثاني اكسيد الكربون في فصل الصيف في الشمال وتظهر بذلك طبقة ثلج الماء .

جيولوجية المريخ:

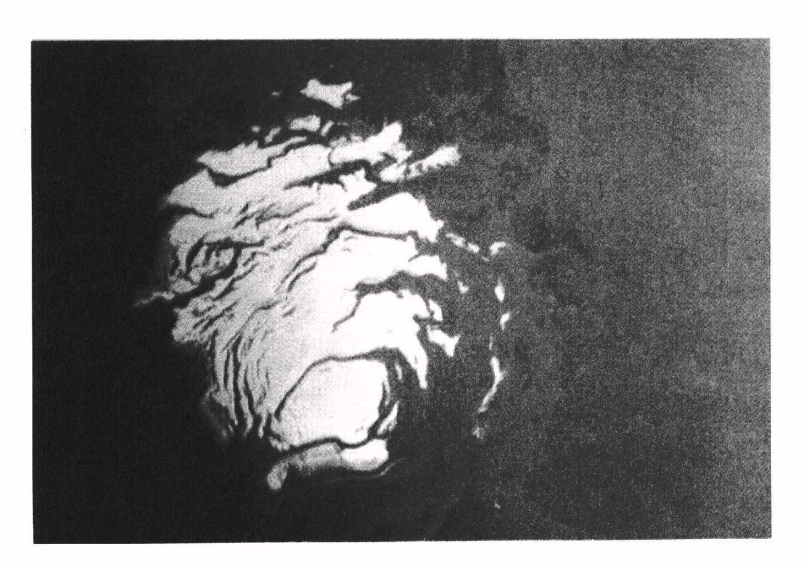
يبلغ قطر المريخ حوالي نصف قطر الأرض وكثافته قيمة متوسطة لكثافتي الأرض والقمر مما يشير إلى أنه وسط في تركيبه بين الأرض والقمر . يتكون سطحه من السيليكات ولبه من كبريتات الحديد FeS ونصف قطر اللب حوالي ٢٤٠٠ كم أي أكثر من ربع سمك الكوكب. ولايوجد عليه مجال



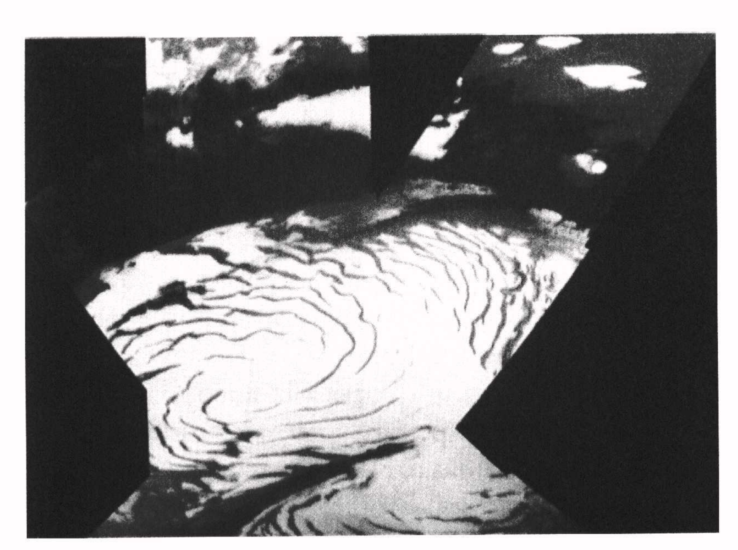
شكل (٧-١٥) صورة لسطح المريخ ويبدو كمنطقة صحراوية خالية من الحياة. كما يظهر اللون الأحمر الذي يميز تربته



شكل (٧-١٦) سطح المريخ المتجمد كما صورته مركبة فايكنج، وذلك في فصل الشتاء المريخي



شكل (٧-١٧) أ - القبعة الثلجية على القطب الجنوبي . قطرها ٣٥٠كم
وتتكون من طبقتين : الأولى من ثلج الماء والثانية من ثلج ثاني أكسيد الكربون



شكل (٧-١٧) ب - القبعة الثلجية على القطب الشمالي وقطرها حوالي ١٠٠٠كم
وتتكون من ثلج الماء فقط في الصيف عندما يتبخر ثاني أكسيد الكربون

مغناطيسي مما يعني أن اللب صغير ولايحتوي على مادة منصهرة . يتكون المريخ من ثلاث طبقات داخلية : لب - وشاح - قشرة كما هو الحال على الأرض وجميع الكواكب شبيهة الأرض .

برغم تعدد الرحلات إلى المريخ إلا أنه لم تتم حتى الآن دراسة جيولوجية تفصيلية للكوكب لذا فإن ما لدينا من معلومات عن تركيبه الداخلي مازالت في حدود التوقع .

مكونات سطح المريخ

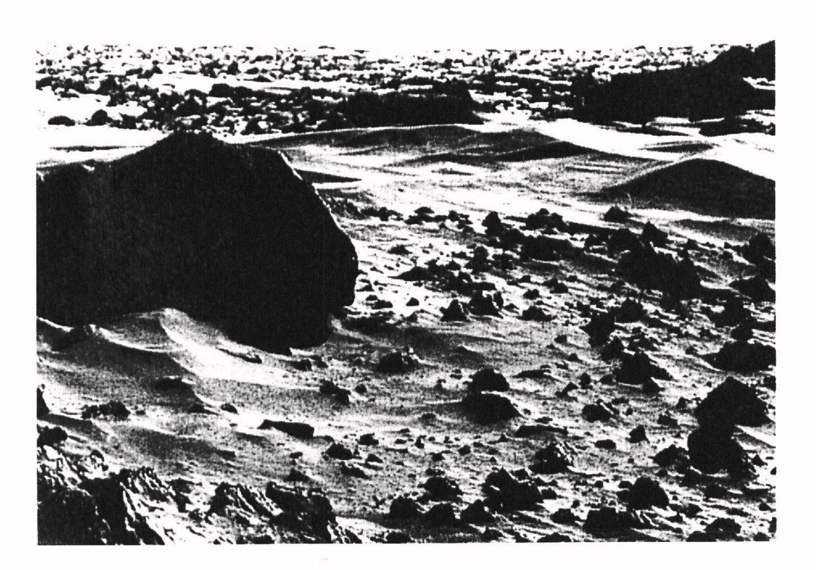
العنصر	النسبة المئوية ٪
SiO_2	٤٦
Fe_2O_3	١٩
Al_2O_3	٨
SO_3	٧
MgO	٦
CaO	٦
Na_2O	١
H_2O	١

وإذا أردنا أن نتعرف على أهم مظاهر السطح على المريخ [أنظر الأشكال من ٧-١٥ إلى ٧-٢٠] فأول ما نلاحظه أن القشرة الخارجية تتكون أساساً من صخور نارية وتربة مثل الرسوبيات على الأرض ، وأن أعلى جبال المريخ هو الجبل المعروف بـ أوليمبوس مونز Olympus Mons شكل (٧-٢١) وقطر فوهته يبلغ حوالي ٨٠ كم وارتفاعه ٢٥ كم وهو بذلك يزيد ١٠٠ مرة في حجمه عن حجم أكبر جبال الأرض ، وبشكل واضح فإن جبال المريخ أعلى جبال يمكن أن تراها في المجموعة الشمسية ، ومن دراسة جيولوجية المريخ يتضح أن ارتفاع براكينه ناشيء عن عدم تزحزح قشرته الخارجية ولذلك فإن البراكين الفعالة على سطحه كانت مستمرة في نفس المكان بحيث لم تكن هناك أي حركة للقشرة على سطح الكوكب ولو كانت توجد حركة في القشرة كما هو الحال على الأرض لأصبحت البراكين فعاله في بعض الوقت وغير فعالة في أحيان أخرى . ولقد ساعدت الكثافة المنخفضة على المريخ أيضا على ثبات الجبال الشاهقة في الارتفاع .

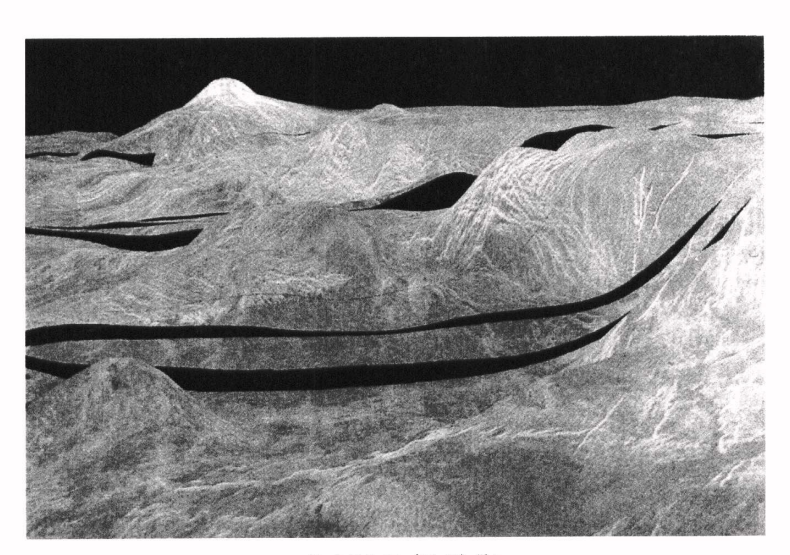
يمكن تقسيم سطح كوكب المريخ إلى منطقتين :

أ - منطقة الفوهات البركانية وتمثل ٦٠٪ من سطح الكوكب .

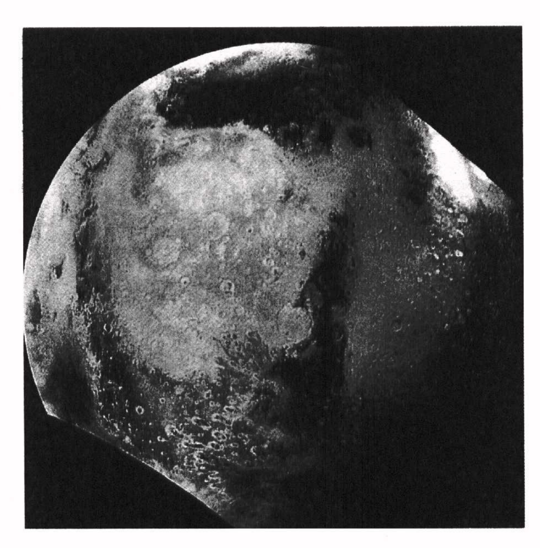
ب - منطقة مستوية أو سهول وتشمل ٤٠٪ من سطح الكوكب .



شكل (٧-١٨) منظر لسطح المريخ : انه يشبه المناطق الصحراوية على الأرض



شكل (٧-١٩) منظر لمرتفعات المريخ



شكل (٧-٢٠) صورة للمريخ أخذتها مركبة فايكنج في عام ١٩٧٦. اللون الأحمر ناتج من أكاسيد الحديد والألوان الداكنة تدل على اختلاف في المكونات



شكل (٧-٢١) أوليمبوس مونز وهو أعلى جبال المريخ ويمثل أكبر براكين المريخ كما يعتبر أعلى جبال المجموعة الشمسية كلها. اتساع فوهته يبلغ ٨٠كم وهو بذلك أكبر مئة مرة من أعلى براكين الأرض.

شكل (٧-٢٢) قنوات تجري على مرتفعات المريخ، وقد تم تفسيرها على أنها كانت مصبات أنهار قديمة جرت على المريخ حينما كانت الظروف مناسبة لجريان الماء على سطح المريخ



شكل (٧-٢٣) وديان وأنهار قديمة على سطح المريخ، وهي وديان جافة لأن ظروف المناخ على المريخ في الوقت الحاضر تحول دون وجود الماء السائل على سطحه، فإما أن يكون الماء متجمداً تحت الصخور أو في قبعات الثلج أو موجوداً في الحالة البخارية في سحب في غلاف المريخ

وقد لوحظ على سطح المريخ التضاريس التالية :

١ - هضبة وهي مرتفعة جدا ومستوية .

٢ - واد عميق (٧ كم) .

٣ - براكين عملاقة وهي ناشئة عن عدم تزحزح سطح المريخ .

٤ - سهول وبها أنهار قديمة جافة في الوقت الحالي ولايوجد بها ماء ، فأين ذهب الماء ؟ هذا أحد أسرار كوكب المريخ .

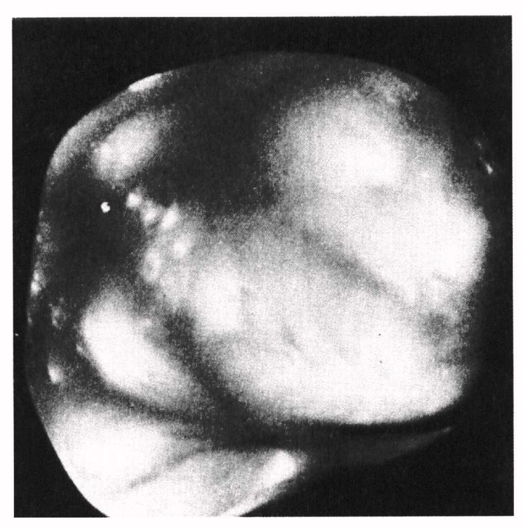
٥ - كثبان رملية كما هو الحال على سطح الأرض مما يؤكد وجود الرياح .

٦ - أرض حمراء اللون ناشئة عن تحلل الصخور النارية والتركيز العالي لمعدن الحديد بها .

قنوات وأنهار المريخ:

لقد تم رصد العديد من القنوات والأنهار الجافة على سطح المريخ، أنظر الأشكال (٧-٢٢)، (٧-٢٣)، (٧-٢٧) ولقد كانت في بداية أمرها عبارة عن تشققات حدثت في القشرة ولكن جريان الماء فيها في أوقات سابقة من حياة المريخ أدى إلى تشكل هذه الأنهار على الشكل الذي نراه الآن . وهذا أمر محير أين ذهب الماء الذي كان يجري في هذه الأنهار؟ ومن أين أتى ؟

من محاولة فهم تاريخ تطور المريخ يعتقد الفلكيون أن درجة الحرارة كانت أعلى من ذلك سابقا على المريخ حيث كانت البراكين فعالة ولذلك كان الماء موجوداً في الحالة السائلة . وتشير أشكال

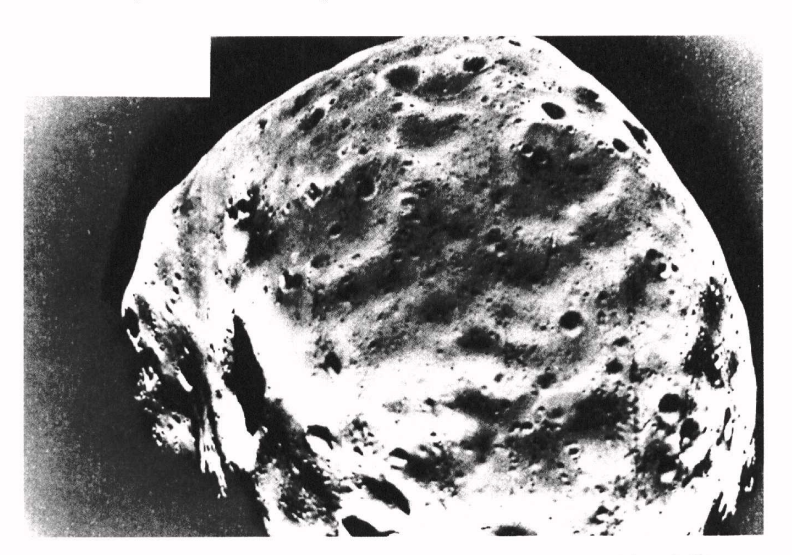


شكل (٧-٢٤) القمر ديموس كما صورته مركبة فايكنج

قنوات المريخ إلى حقبتين من الزمن الأولى منذ حوالي ٤ بليون سنة حيث كانت الأمطار تنزل والغلاف الجوي كان أشد حرارة والمرحلة الثانية بعد حوالي بليون سنة من المرحلة الأولى حيث أدت البراكين إلى إخراج الماء المتجمد تحت السطح ليجري في الأنهار الموجودة على سطح الكوكب ٠ أما في الوقت الحالي فإن درجة حرارة السطح أقل من درجة تجمد الماء باستمرار ولذلك يظل الثلج متجمد تحت السطح وهذا الوضع مستمر لخمودالبراكين وعدم وجود احتمال لارتفاع الحرارة على الكوكب أكثر مما هي عليه الآن ٠

هل هناك احتمال لوجود حياة على المريخ؟

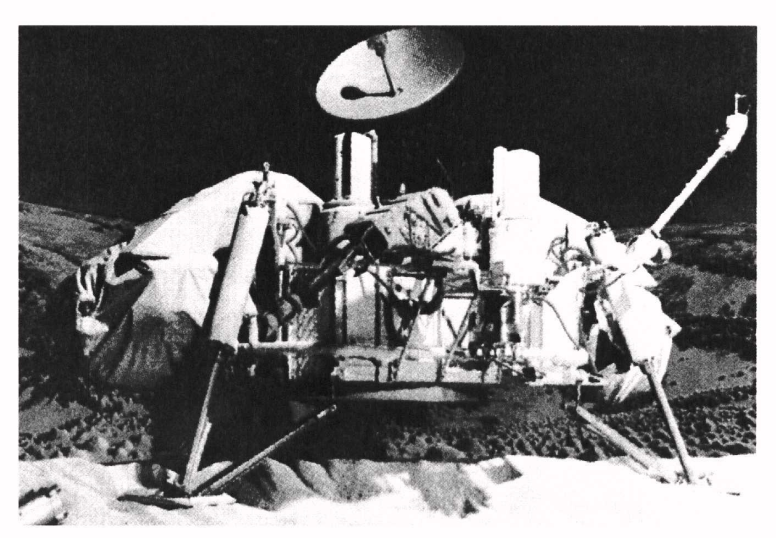
لقد كان هذا السؤال من النقاط المثيرة والمدهشة حقاً بشأن المريخ وبعد كل الدراسات السابقة يظهر لنا أن المريخ غير ممهد للحياة ، ولقد أجريت ثلاث تجارب في رحلات فايكنج لمعرفة ما إذا كان في تربة المريخ مايشير إلى وجود حياة ولوبسيطة وبدائية على المريخ ٠ وفي هذه التجارب تم وضع تربة المريخ في غرفة اختبار مغلقة ٠ وفي التجربة الأولى تم وضع ماء مع مجموعة من العناصر المهمة لاستثارة الخلايا العضوية ، فإذا كان في تربة المريخ خلايا عضوية فإنها تأخذ غذاءها وبالتالي يحدث نقص لما هو موجود داخل غرفةالاختبار٠ وفي التجربة الثانية تم وضع مواد غذائية تم تعريضها من قبل لأشعة راديوية قبل وضعها في غرفة الاختبار٠ أما في التجربة الثالثة



شكل (٧-٢٥) القمر فوبوس وهو القمر الثاني للمريخ، وتظهر عليه فوهات كثيرة كما أن شكله غير كامل الاستدارة وكذلك ديموس مما جعل بعض العلماء يفترضون أن قمري المريخ كانا في الأصل من الكويكبات ثم جذبهما المريخ إليه، ولكنه مجرد اعتقاد

فقد ملئت غرفة الاختبار بغازات من المريخ فإذا حدث تناقص في كمية ثاني أكسيد الكربون دل ذلك على وجود خلايا حية ٠ ومن المدهش حقاً أن نتائج التجارب الثلاث كانت إيجابية بشكل سريع ولكن سرعان ماتوقفت التفاعلات تماماً عكس ماهو متوقع من الخلية الحية والتي تستمر في التفاعل ٠ واتضح بدراسة نتائج التجارب الثلاث أن تربة المريخ نشطة من الناحية الكيميائية أكثر من تربة الأرض والسبب في ذلك هو تعرضها للأشعة فوق البنفسجية بكثرة والتي تؤثر بشكل واضح على تربة المريخ كما أكدت التجارب غياب المواد العضوية وهي من أهم الدلائل على وجود الحياة من عدمه.

ولذلك يمكننا القول إن الحياة كما نعرفها ونألفها على الأرض غير موجودة على المريخ ٠ ولكن بشكل عام مازال المريخ بالنسبة للإنسان أفضل مكان بعد الأرض يمكن الاقتراب منه والتعامل معه فالقمر ليس له غلاف جوي وعطارد والزهرة شديدا السخونة والكواكب الأخرى شديدة البعد ولذلك تم وضع برامج مستقبلية لاستكشاف تفاصيل دقيقة عن كوكب المريخ وأقماره عسى أن تأتينا بالجديد عن أسرار المريخ وما هي سبل الاستفادة منه ؟ ولكن وبعد ماتكونت لدينا صورة واضحة عن المريخ يتضح لنا مدى العناية الإلهيــةالتي حبا الله بها الأرض فمهدها ويسر فيها كل أسباب الحياة ووضع فيها مايحمي الحياة من الأخطار المحيطة بالأرض فالحمدلله على نعمه وآلائه ، ونظرة متفحصة إلى الكواكب من حولنا تشعرنا بالآية العظيمة الكامنة في كوكب الأرض فهل يحافظ الإنسان على هذه النعمة ولايكون مفسداً فيها وعليها !!



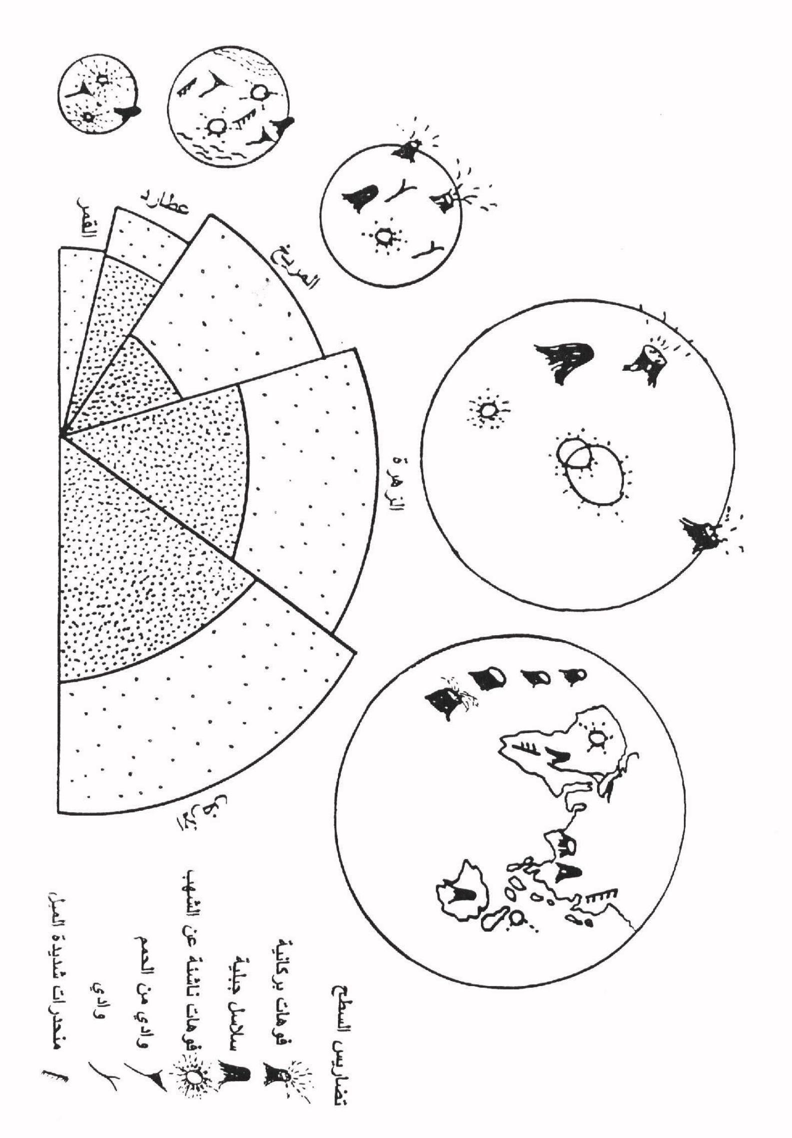
شكل (٧-٢٦) عربة أنزلت من مركبة ڤايكنج إلى المريخ في عام ١٩٧٦ ولم تجد أية دلائل على وجود حياة عليه

كيف نفهم تطور الكواكب شبيهة الأرض؟

من خلال دراستنا للكواكب شبيهة الأرض والقمر ومقارنتها مع بعضها البعض يمكننا أن نكون صورة عن طريقة تطورها وخصوصا أن بدايتها فيما نعتقد كانت واحدة فقد بدأت كمادة منصهرة متجمعة بفعل جاذبيتها الذاتية وتحيط بها غلالة من الغازات الأولية وأهمها الهيدروجين . ومن حيث التركيب الداخلي والموضح في شكل(٧-٢٨) فجميعها عدا القمر يتكون من ثلاث طبقات اللب والوشاح والقشرة ولكننا نجد أن اللب أكبر ما يمكن في عطارد وأقلها في سمك اللب هو المريخ و لا يوجد لب في القمر . يحيط بعطارد مجال مغناطيسي ١٪ من مجال الأرض المغناطيسي وذلك لأن أغلبه لب وقد يكون ذلك بسبب تكون القشرة في فترة زمنية وجيزة لقربه من الشمس . أما الزهرة فليس له مجال مغناطيسي رغم وجود لب مماثل لما في الأرض ولكن بطئه الشديد في الدوران حول نفسه أدي لعدم تكون مجال مغناطيسي حوله . والمريخ كذلك لا يتمتع بوجود مجال مغناطيسي حوله رغم أنه يدور حول نفسه بسرعة مماثلة لليوم الأرضي تقريبا وقد يكمن السبب في افتقاره لمجال مغناطيسي هو عدم وجود لب منصهر من المعادن في داخله . ومن حيث النشاط الجيولوجي فإن القمر يعتبر ميتا فهو جسم صغير نسبيا وبرد من داخله أما عطارد فلسنا نعرف الكثير عن نشاطه الجيولوجي ولكن من المرجح أنه قريب الشبه بالقمر في نشاطه الجيولوجي ، ويعتبر المريخ في مرحلة متوسطة بين الأرض والقمر ولكن حركة صفائح اليابسة غير موجودة عليه . الأرض وهي أكبر الكواكب شبيهة الأرض وهي تقريبا الكوكب الوحيد الذي يمتلئ نشاطا جيولوجيا وكأنها تمثل حياة



شكل (٧-٢٧) أخدود أو قناة مريخية شديدة العمق مما يؤكد أنها كانت مصباً لسقوط الأمطار. والصورة بثتها مركبة فايكنج لمساحة عرضها ٦٠ كم .



شكل (٧-٢٨) مقارنة التركيب الداخلي وتضاريس السطح في الكواكب شبيهة الأرض والقمر

هذا الكوكب لتناسب وجود الحياة عليه أما كوكب الزهرة فرغم تشابهه مع الأرض في التركيب الداخلي إلا أننا لا نري عليه نشاطا جيولوجيا واضحا كما علي الأرض ولكننا ما زلنا في حاجة إلي معلومات أدق عن نشاطه الجيولوجي . وبالنسبة للجبال فإن أغلبها علي القمر وعطارد ناتجة عن سقوط الشهب علي سطحيهما أما الزهرة والمريخ فإن جبالهما ناتجة عن البراكين وأعلي الجبال علي الأرض وربما كوكب الزهرة كذلك ناتجة عن تصادم صفائح القارات . ولكن من حيث ارتفاع الجبال فإن جبال المريخ عاليه وخاصة جبل أوليمبوس مونز فهو أعلي جبال المجموعة الشمسية وقد يكون السبب في ذلك هو عدم حركة القشرة علي سطح المريخ مما ادي إلي ثبات أماكن البراكين وبالتالي كونت جبالا شاهقة الارتفاع وقد ساعد علي استقرار الجبال ضعف جاذبية المريخ نسبيا .

وعن الغلاف الجوي للكواكب شبيهة الأرض فقد كان في بداية حياتها مماثلا لتركيب الغلاف الجوي للكواكب العملاقة حيث يتكون الغلاف الجوي من الهيدروجين وبعض مركباته ولكن بفعل حرارة الشمس وضعف جاذبية الكواكب شبيهة الأرض النسبي أدي إلي هروب الغازات المكونة للأغلفة الجوية لتحل محلها عناصر أخري أتت من باطن الكواكب أو من خلال الشهب التي ترتطم بأسطح هذه الكواكب ومن ثم تبدلت الصورة الأولية لأغلفة هذه الكواكب وحلت محلها غازات غنية بالكربون والأكسجين وفيما يعتقده العلماء أن المريخ بعد أكثر من بليون سنة من نشأته بدأ يتكون عليه غلاف سميك وكانت درجة الحرارة عليه كافية ليجري الماء علي سطحه مكونا الأنهار ومجاري الماء كما هو الحال علي الأرض وكانت هناك نسبة من ثاني أكسيد الكربون والتي ساعدت علي توفر الحرار الكافية لاحتفاظ الماء بسيولته ولكن نتيجة صغر المريخ وضعف جاذبيته هربت نسبة من ثاني أكسيد الكربون وبالتالي بردت حرارته مما أدي إلي تجمد الماء . الوضع علي كوكب الزهرة معاكس لذلك تماما حيث إن السحب الكثيفة ووجود ثاني أكسيد الكربون في غلافه الجوي أدي إلي تزايد الحرارة بفعل ظاهرة البيت الزجاجي ولذلك فإن الحرارة العالية حالت دون وجود الماء في الحالة السائلة عليه . ومن الواضح أن الأرض بتقدير الله عز وجل وسط في الأمور كلها فدرجة الحرارة هي المناسبة لوجود الماء السائل والأرض تحتفظ بنسبة معقولة من ثاني أكسيد الكربون بحيث يظل التوازن الحراري اللازم لإستمرار الحياة ووجود الماء السائل وبتوفر الماء توفر أهم عامل للحياة علي الأرض فالحمد لله علي ما أنعم به علينا وكما يعتقد العلماء فإن استمرارالحياة علي الأرض يساعد علي وجود حالة الاتزان هذه . ومع عدم توفر الماء السائل علي كل من المريخ والزهرة أصبح لكل منهما مسار مخالف تماما في تطور غلافه بحيث نراهما اليوم في هيئة مغايرة للأرض.

ملخص:

١ – القمر وكوكب عطارد متشابهان باستثناء بعض الاختلافات من حيث التركيب ووجود مجال مغناطيسي .

٢ – تعتبر دراسة كوكب الزهرة من الدراسات الشيقة فرغم أنه قريب في الكتلة من الأرض وأقرب الكواكب إلينا ويتشابه مع الأرض في أشياء عديدة إلا أن إحتمالات الحياة عليه بعيدة المنال و السبب في ذلك يرجع إلى دورانه البطئ حول نفسه وبشكل تراجعي ، وقد يكون لقربه من الشمس بالمقارنة بكوكبنا الأرض دور في الاختلاف بينهما.

٣ – كوكب الزهرة نموذج صارخ لظاهرة البيت الزجاجي .

٤ – أشبه الكواكب بالأرض من حيث المناخ هو المريخ .

٥ – يتميز المريخ باللون الأحمر .

٦ – لقد كانت ظروف المريخ في الماضي مناسبة لجريان الأنهار علي سطحه .

٧ – صغر الغلاف الجوي وضعف الضغط الجوي عليه أدي إلي اختفاء الماء .

٨ – لا يوجد مجال مغناطيسي علي كل من الزهرة والمريخ .

٩ – الكواكب شبيهة الأرض تطورت عن الوضع الذي نشأت عليه .ورغم توحد نشأتها إلا أن مسار التطور مختلف من كوكب لآخر .

١٠ – توجد تغيرات فصلية علي المريخ ولا توجد علي الزهرة .

أسئلة الباب السابع

١- عطارد قريب من الشمس فما أثر ذلك عليه ؟
٢- ما أوجه الشبه والاختلاف بين القمر وعطارد ؟
٣- كوكب الزهرة بطيئ في الدوران حول نفسه ، فما أثر ذلك عليه ؟
٤- كيف نفهم عدم وجود الماء علي كوكب المريخ ؟
٥- ماذا تعرف عن قبعات الثلج علي المريخ ؟
٦- كيف نفهم تطور الكواكب شبيهة الأرض ؟

أجب بصح أو بخطأ :

١- ليس للزهرة مجال مغناطيسي .
٢- ظاهرة البيت الزجاجي علي كوكب الزهرة ناتجة بطريقة غير مباشرة عن بطئه في الدوران حول نفسه .
٣- تراكم طبقات السحب الكثيفة في غلاف الزهرة ناتج عن عدم وجود مجال مغناطيسي حوله .
٤- الكثافة في الزهرة أعلي مما علي الأرض .
٥- أعلي درجة حرارة في الكواكب نجدها في كوكب عطارد لقربه من الشمس .
٦- أعلي جبال المجموعة الشمسية علي القمر .
٧- أقل الكواكب شبيهة الأرض في الكثافة هو المريخ .
٨- النشاط الجيولوجي علي المريخ أقل مما علي الأرض .
٩- يحدث انحراف لمدار عطارد حول الشمس بشكل دوري .
١٠- لايوجد غلاف جوي علي عطارد لشدة برودته .

اختر أصح الاجابات في كل نقطة ممايلي :

١- سمك الغلاف الجوي للمريخ :
أ- أكثر مما في الأرض　　ب- أقل مما في الأرض
ج- مساو لما حول الأرض　　د- غير معلوم

٢- الزهرة أكثر عاكسية من :
أ- القمر　　ب- الأرض
ج- المريخ　　د- جميع ماسبق

٣- يوم عطارد :

أ- أطول من سنته ب- أقصر من سنته

ج- مساو للسنة في الطول د- غير معلوم

٤- مدار عطارد حول الشمس :

أ- ثابت ب- يغير اتجاهه

ج- شديد الفلطحة مثل المذنبات د- دائري

٥- أي الأجرام التالية أقوي في النشاط الجيولوجي؟

أ- الأرض ب- الزهرة

ج- المريخ د- القمر

٦- أي الكواكب التالية سطحه ملئ بالفوهات أكثر من غيره ؟

أ- عطارد ب- الأرض

ج- الزهرة د- المريخ

٧-العنصر الأساسي في غلاف كوكب المريخ هو :

أ- الأكسجين ب- ثاني أكيد الكربون

ج- ثاني اكسيد النيتروجين د- الكربون

٨- الأنهار الجافة تنتشر علي سطح :

أ- القمر ب- المريخ

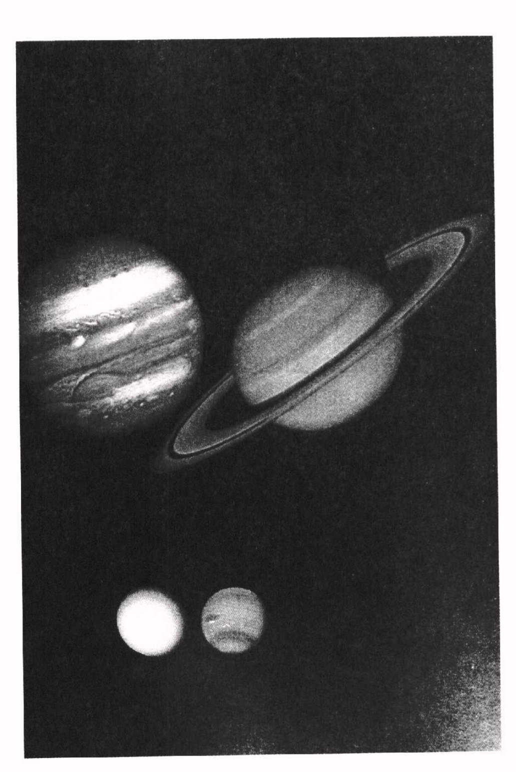
ج- الزهرة د- عطارد

الباب الثامن

الكواكب شبيهة المشتري

الباب الثامن
الكواكب شبيهة المشتري

تكلم الزرقالي عن حركة الكواكب في مدارات بيضاوية (ولد سنة ١٠٢٩ ميلادية).



شكل (٨-١) الكواكب شبيهة المشتري وهي:
المشتري وزحل وأورانوس ونبتون بالترتيب من أعلى يميناً إلى أسفل شمالاً

استكشاف الكواكب الخارجية:

بايونير ١٠ كانت أول مركبة تتحرك خارج حزام الكويكبات حتى وصلت إلى كوكب المشتري في عام ١٩٧٣، وتبعتها مركبة بايونير ١١ والتي وصلت إلى المشتري في عام ١٩٧٤ ثم تابعت الرحلة حتى وصلت إلى كوكب زحل في عام ١٩٧٩. وبنجاح هاتين الرحلتين تم اقلاع رحلة فويجر ١ لتصل إلى المشتري في عام ٧٦ وتصل إلى زحل في عام ٨٠ ، وبعدها تم إرسال مركبة فويجر ٢ لتصل إلى المشترى في عام ١٩٧٩ ثم زحل في عام ١٩٨١ ثم أورانوس ١٩٨٦ وبعد ذلك نبتون في عام ١٩٨٩، ولا شك في أن نجاح الرحلات السابقة أمدنا بالعديد من الصور عن الكواكب وأقمارها مما شجع على التخطيط لرحلة جاليليو والتي وصلت إلى كوكب المشتري في عام ١٩٩٥ وأرسلت كشافاً داخل الغلاف الجوي للمشتري لدراسته بشيء من التفصيل. كما أن هناك رحلة أخرى بالتعاون بين الناسا والوكالة الأوربية الفضائية لإرسال مركبة تدعى كاسين في عام ١٩٩٦ بحيث تصل إلى زحل في عام ٢٠٠٢م.

صفات عامة للكواكب العملاقة:

وهي عبارة عن المشتري وزحل وأورانوس ونبتون، أما بلوتو فهو قسم وحده ولا نستطيع أن نعتبره من الكواكب شبيهة الأرض ولا من الكواكب شبيهة المشتري. حينما ننظر إلى الكواكب شبيهة المشتري فسنرى أنها تختلف بشكل واضح عن الكواكب شبيهة الأرض، ويمكن تمييز الكواكب شبيهة المشتري بعدة صفات عامة نوجزها فيما يلي :

١ ـ كبيرة في الحجم والكتلة.

٢ ـ بعيدة عن الشمس ولذلك فهي باردة بالمقارنة بالكواكب شبيهة الأرض مما يجعلنا نقول إن الذهاب إلى الكواكب شبيهة المشتري هو ذهاب إلى عالم من الجليد.

٣ ـ تحتفظ بالغازات الخفيفة وعلى رأسها الهيدروجين وذلك لبعدها عن الشمس وجاذبيتها العالية كما هو مبين في جدول (٨-١) .

العنصر	النسبة (٪)
H_2	٧٧
He	٢٢
H_2o	٦ر
cH_4	٤ر
NH_3	١ر
الصخور	٣ر

جدول (٨-١) نسبة العناصر داخل الكواكب العملاقة

٤ - يتضح من جدول (٨-٢) أن كثافة المتوسطة للكواكب شبيهة المشتري صغيرة، مما يؤكد أنه لم يتبخر منها شيء وبالتالي فهي مازالت على حالتها التي نشأت عليها. ولذلك إذا فهمنا طبيعة هذه الكواكب فيمكننا أن نكون صورة لما كانت عليه الأرض وقت نشأتها.

الكوكب	الكتلة	الكثافة	اليوم	البعد	السنة
المشتري	٣١٨	٣ر١ جم/سم٣	٩ر٩ ساعة	٢ر٥	١٢
زحل	٩٥	٧ر	٧ر١٠ساعة	٥ر٩	٥ر٢٩
اورانوس	١٤	٢ر١	٢ر١٧ساعة	٢ر١٩	١ر٨٤
نبتون	١٧	٦ر١	١ر١٦ساعة	١ر٣٠	٨ر١٦٤

جدول (٨-٢) بعض المقارنات بين الكواكب شبيهة المشتري

٥ - ليس لها سطح صلب وذلك لبعدها عن الشمس.

٦ - تدور حول نفسها بسرعة ولذلك يحيط بكل منها مجال مغناطيسي واضح.

٧ - لها حلقات تدور حولها، ولكن لماذا لا توجد حلقات حول الكواكب شبيهة الأرض؟ أو لماذا تواجدت هذه الحلقات حول الكواكب شبيهة المشتري؟ هذا ما لم نفهمه بعد.

٨ - تتباعد الكواكب شبيهة المشتري عن بعضها البعض بمسافات هائلة.

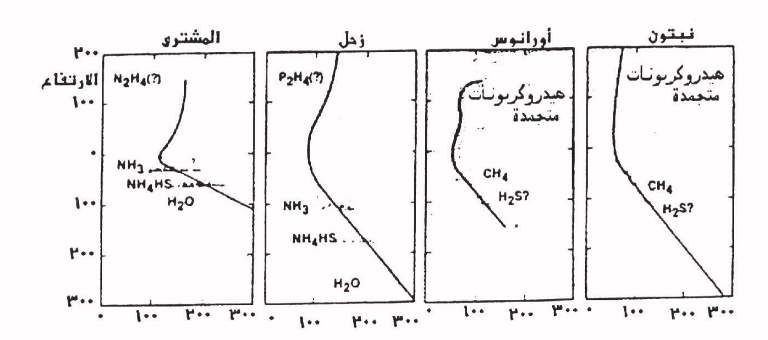
٩ - تحتفظ بأعداد كبيرة من الأقمار كما لو كان كل كوكب منهم بأقماره التي تدور حوله مجموعة شمسية تدور حول الشمس.

١٠ - تتمتع الكواكب شبيهة المشتري بعاكسية عالية لوجود أغلفة جوية في كل منها .

١١ - تشع الكواكب شبيهة المشتري حرارة من داخلها أكثر مما تكتسب من الشمس (فيما عدا أورانوس) وذلك بسبب عدم وجود قشرة صلبة على أسطحها.

كوكب المشتري له أكبر قدر من الطاقة الداخلية (٤×١٠^{١٧} وات) ولهذا فإن الغلاف الجوي له ولبقية الكواكب شبيهة المشتري هي حالة وسط بين أغلفة الكواكب التي تستقبل الحرارة من أشعة الشمس وأغلفة النجوم التي تخرج منها الحرارة إلى الخارج. فمع البرودة المستمرة لكوكب المشتري تخرج من داخله حرارة كانت موجودة في بداية تكونه ومازالت تخرج منه منذ هذا الوقت ويماثل ما يخرج من داخله من طاقة مثل ما يستقبله من الشمس. أما زحل فإنه يخرج من داخله ضعف ما يستقبله من أشعة الشمس أي أنه يشع من داخله أكثر من المشتري رغم انه أصغر منه بكثير وقد يكون تفسير ذلك أن الهيليوم في داخله يتحرك إلى مركز الكوكب مخرجاً بذلك طاقة اضافية وبالتالي فهو في حركة انكماش في داخله أكثر من المشتري.

نبتون بداخله مصدر صغير من الطاقة أما أورانوس فلا تخرج من داخله حرارة وبذلك يتساوى ونبتون في الحرارة رغم اختلاف مسافتيهما من الشمس. ولا أحد يعرف حتى الان السبب في اختلاف الكوكبين في الطاقة الداخلية.



شكل (٨-٢) الغلاف الجوي للكواكب شبيهة المشتري .
نقطة الصفر تمثل بداية الغلاف الجوي والإرتفاع بالسالب يعبر عن طبقات من باطن الوكب

١٢ ـ تتشابه الأغلفة الجوية للكواكب العملاقة كما يتشابه تركيبها الداخلي. إن ظروف الحرارة والضغط في الغلاف الجوي لكل من المشتري وزحل تساعد على وجود الميثان في الحالة الغازية أما الأمونيا فهي متكثفة مكونة سحباً من الأمونيا كسحب بخار الماء على الأرض وهذه السحب مرتفعة في المشتري وموجودة على بعد عميق في زحل وتحتها توجد سحب من أمونيا كبريتات الهيدروجين NH4Hs وقد تحتوي على عنصر الكبريت منفصلاً بحيث يكون هو المسؤول عن الألوان البرتقالي والبني التي نراها في صور المشتري وزحل وإذا نزلنا إلى عمق أكبر في غلاف المشتري أو زحل نتوقع وجود سحب من الماء المتجمد وتحتها سحب من الماء السائل (أو بخار الماء كما في سحب الغلاف الجوي على الأرض). وأول طبقة في الكوكب والتي تمثل سطحه نتوقع أن تكون هيدروجين سائلاً وساخناً.

ومن النقاط الغامضة أن الأمونيا المتكثفة تعطي لوناً أبيض، إذا ما السر في الألوان التي نشاهدها على كل من المشتري وزحل؟ هذه واحدة من الأسرار الغامضة التي لم نفهمها بعد. لابد وأن توجد في الغلاف مركبات لم نكتشفها حتى الآن تكون هي المسؤولة عن هذه الألوان.

أما أورانوس فلونه أزرق صافٍ لا توجد عليه ألوان فاتحة وغامقة كبقية الكواكب العملاقة وقد يكون ذلك مرتبطاً بعدم خروج حرارة من داخله . الطبقة العليا من السحب في كل من أورانوس ونبتون عبارة عن ميثان وهي المسؤولة عن اللون الأزرق لكل منهما . وتوجد أسفل سحب الميثان سحب من كبريتات الهيدروجين . والفارق الأساسي بين أورانوس ونبتون في الحرارة التي مازالت تأتي من

داخل نبتون وتوقفت في أورانوس . ولذلك تظهر في نبتون سحب ناتجة عن الحرارة من الداخل والخارج بحيث تشبه هذه السحب نوع من الحركة الراسية كما هو الحال في الكوكبين العملاقين المشتري وزحل. وتظهر هذه السحب بلون أبيض يتخلل اللون الأزرق للكوكب.

وبعد أن تعرفنا على الخواص التي تجمع الكواكب شبيهة المشتري يمكننا الآن أن ننطلق نحو كل منها للتعرف عليه بشكل أدق، ولنبدأ بأكبرها وأقربها؛ المشتري.

كوكب المشتري

أكبر كواكب المجموعة الشمسية

كوكب المشتري هو أول وأكبر الكواكب العملاقة ، وهو يبعد عن الشمس بمقدار ٥.٢ وحدة فلكية، وقد لوحظ أن كوكب المشتري يشع حرارة من داخله، كما أنه يشع أشعة راديوية والسبب في ذلك أن له مجالاً مغناطيسياً قوياً يحتوي على حزامين من الشحنات يشبهان حزامي فان الن المحيطين بالأرض، كما أن الأشعة تحت الحمراء التي تنبعث منه تدل على أن داخل الكوكب مازال عالي



شكل (٨-٣) كوكب المشتري وهو أكبر كواكب المجموعة الشمسية

الحرارة، وتقدر كمية ما يشعه كوكب المشتري من داخله حوالي مثل ما يستقبله من طاقة من الشمس. طول السنة على كوكب المشتري ١٢ سنة وذلك لبعده الكبير ، أما ميل مداره على دائرة البروج فهو صغير جداً كما أن الزاوية بين محوري دورانه أيضاً صغيرة مما يؤكد أن الكواكب تكونت من تلك المادة التي تدور حول الشمس، مركز المجموعة الشمسية. رغم أن المشتري أكبر الكواكب فقطره حوالي ١١ قطر أرضي إلا أنه في نفس الوقت يدور حول نفسه بسرعة عالية حيث يتم دورة

حـــول نفـــســـه في أقل من ١٠ ساعات.

ولذلك فـإن الكوكب نفـسـه مـفلطح بشكل واضح، وكـتلة المشتري تقدر بحوالي ٣٢٠ كتلة أرضية ودرجة الحرارة ١٦٥ درجة مطلقة والعاكسية عليه عالية ولذلك يظهر بقدر مساو لقدر المريخ رغم أنه أكثر بعداً من المريخ.

كثافة المادة على المشتري أصغر بكثير مما على الأرض مما يجعله شبيهاً للشمس من هذه الناحية. وللمشتري ١٦ قمراً .

المحور الكبير	٢٠٣ر٥ وحدة فلكية
أقرب مسافة	٩٥١ر٤ وحدة فلكية
أبعد مسافة	٤٥٥ر٥ وحدة فلكية
مقدار الاستطالة	٤٨٠ر٠
السنة	٨٦ر١١ سنة
ميل المدار	١٧ ً ١٨ َ ١°
اليوم	٩ س ٥٥ ق ٣٠ ث
ميل المحورين	٥ َ ٣°
القطر المتوسط	٨٦ر١٠ قطر أرضي
القطر القطبي	٥ر١٠ قطر أرضي (٩٦٦. . القطر المتوسط)
القطر الاستوائي	٢٢ر١١ قطر أرضي (٣٤. . ١ القطر المتوسط)
الكتلة	٣١٨ر١ كتلة أرضية
الكثافة	٣٢٧ر١ جم/سم٣
قوة الجاذبية	٦٤ر٢ جاذبية أرضية
سرعة الهروب	٦٠ كم/ث
درجة الحرارة	١٦٥ كيلفن
العاكسية	٥٢ر٠
عدد الأقمار	١٦

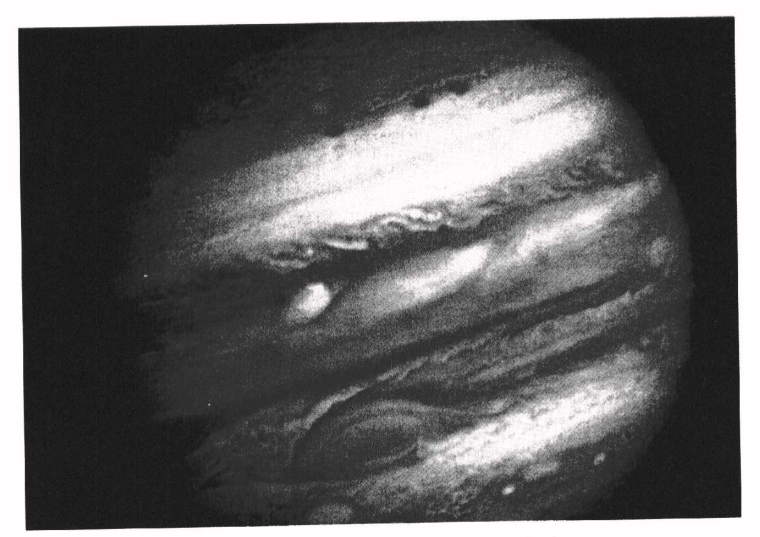
جدول (٨-٣) المشتري

الغــــلاف الجــــوي:

نستطيع أن نقول إن التركيب الكيميائي للمشتري يشبه تركيب الشمس الكيميائي إلا أن درجة حرارته منخفضة بحيث توجد جميع العناصر في شكل جزيئات ويتركب الغلاف الجوي من CH4, NH3, H2 والهيليوم وبخار الماء كما هو مبين في جدول (٨-٤).

العنصر	رمزه	نسبته
الهيدروجين	H_2	٨٦ ر
الهليوم	He	١٤ ر
بخار الماء	H_2O	١٠ - ٦
ميثان	CH_4	٩× ١٠$^{-٤}$
امونيا	NH_3	٢× ١٠$^{-٤}$

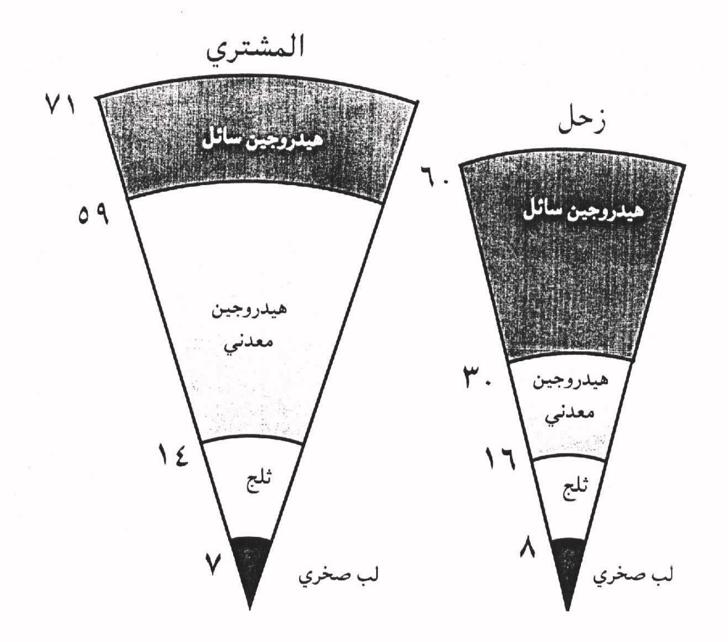
جدول (٨-٤) التركيب الكيميائي للغلاف الجوي للمشتري



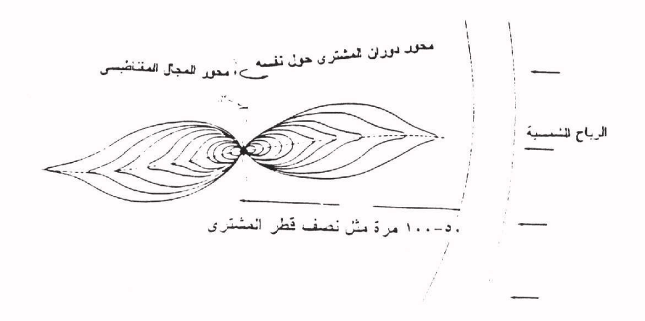
شكل (٨-٤) كوكب المشتري ، وهو برتقالي اللون وتظهر عليه بقعة حمراء كبيرة، ووحيدة كما تتبادل المناطق الداكنة واللامعة المواقع على الكوكب.



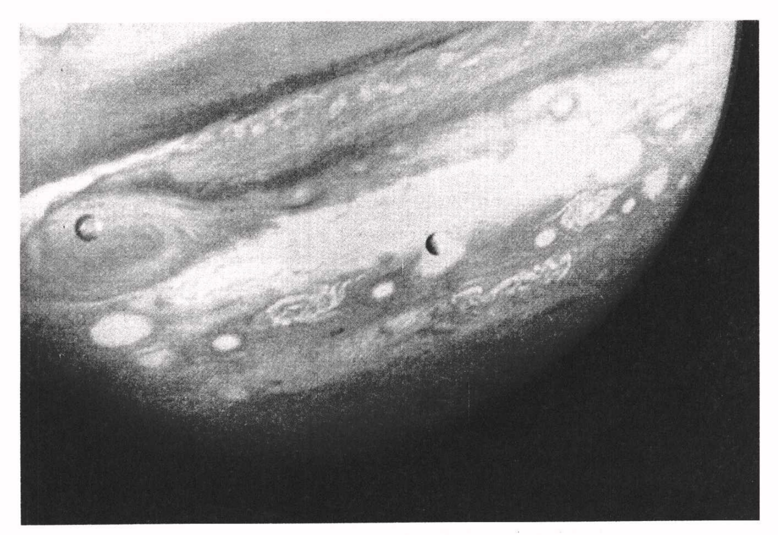
شكل (٨-٥) صورة مكبرة للبقعة الحمراء الكبيرة وهي عبارة عن دوامة هوائية كبيرة في غلاف المشتري. وتوجد دوامات هوائية أخرى ولكنها صغيرة ومتحركة ولونها أبيض

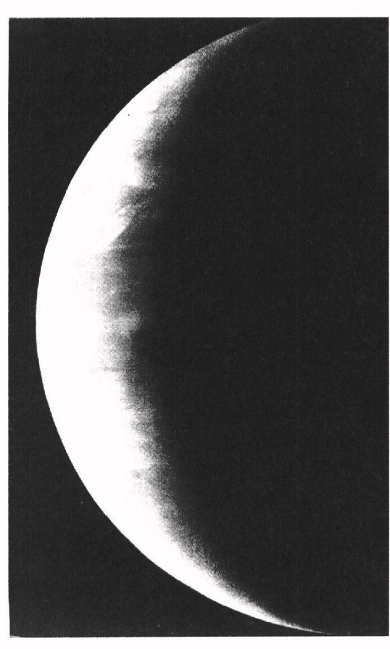


شكل (٨-٦) التركيب الداخلي لكل من المشتري وأخيه الأصغر زحل.
الأرقام على الشمال تمثل ارتفاعات الطبقات المختلفة مقاسة بالألف كم



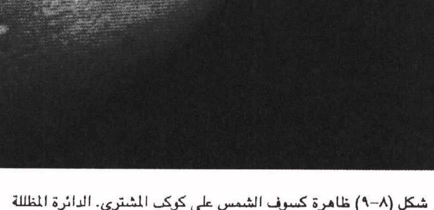
شكل (٨-٧) المجـال المغناطيسي للمشـــتري





شـــكـــل (٨-٨)
الصورة العليا يظهر فيها كوكب المشتري مع اثنين من أقماره. الصـورة السـفلى كوكب المشتري في شكل هلال كـمـا صـورته مـركـبـة فويجر٢ وهي تعتبر من الصور النادرة.

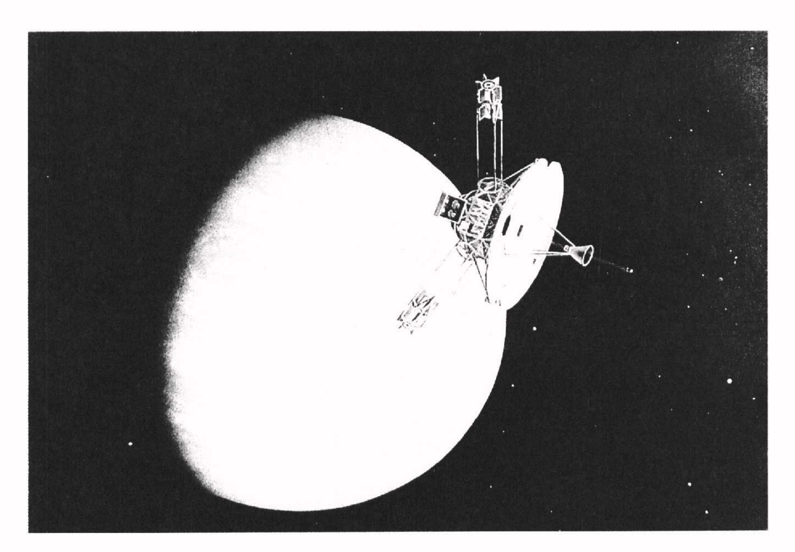
ونتيجة لدوران الكواكب السريع نجد أن غلافه الجوي ينقسم إلى طبقات داكنة وطبقات ذات لون فاتح بشكل متبادل، والطبقات ذات اللون الفاتح عبارة عن سحب ترتفع لأعلى أما الطبقات الداكنة فهي عبارة عن سحب تتحرك لأسفل كالتي تحدث على الأرض وتوجد بقع بيضاء صغيرة تظهر وتختفي أما البقعة الحمراء الكبيرة فهي ثابتة في مكانها ولكن لماذا هذه البقعة وحدها؟ وما سبب نشأتها؟ هذا أحد أسرار كوكب المشتري. يوجد الميثان كغاز في الطبقات العليا من الغلاف الجوي لكل من المشتري وزحل وأما الأمونيا فهي متجمعة في صورة مشابهة لبخار الماء في الغلاف الجوي للأرض ولذلك فإن ما نشاهده من سحب في الغلاف الجوي لكل من المشتري وزحل عبارة عن بللورات من الأمونيا المتجمدة وهذه السحب توجد في نهاية التربوسفير وفوقها توجد طبقة الستراتوسفير. ودرجة الحرارة عند قمة السحب تبلغ ١٤٠ درجة مطلقة. وتحت سحب الأمونيا يتوقع العلماء وجود طبقة من سحب أمونيا كبريتات الهيدروجين (NH_4HS) مع جزيئات من الكبريت والتي تعطيها لوناً أصفر أو بنياً داكناً وكلما تحركنا نحو عمق الكوكب سنجد حرارة وضغطاً عاليين. حيث توجد بعد ذلك طبقة من الماء المتجمد وقد يكون الماء متجمعاً بعد ذلك في حالة سائلة بشكل مشابه للسحب المحملة ببخار الماء الذي ينزل مطراً . ثم توجد بعد ذلك طبقات مظلمة ذات ضغط عالٍ ودرجة حرارة عالية حيث يكون سطح المشتري أو زحل عبارة عن طبقة من الهيدروجين السائل.



شكل (٨-٩) ظاهرة كسوف الشمس على كوكب المشتري. الدائرة المظللة من كوكب المشتري سببها القمر الظاهر في الصورة على اليمين.

أما فوق طبقات سحب الأمونيا فإن غلاف المشتري يكون اضحاً وترتفع درجة الحرارة كلما بعدنا إلى الخارج حيث يكون تأثير الحرارة القادمة من الشمس تماماً كما هو الحال في طبقات الجو العليا على الأرض. ونعود إلى السؤال: ما السبب في الألوان التى نراها على كوكب المشتري؟

لا يرجع لونه إلى الأمونيا بل لابد وأن توجد مركبات أخرى هي المسؤولة عن الألوان التي نراها على الكوكب ولكن مازالت هذه الظاهرة كواحدة من النقاط الغامضة والتي لا نعرفها عن كوكب المشتري.



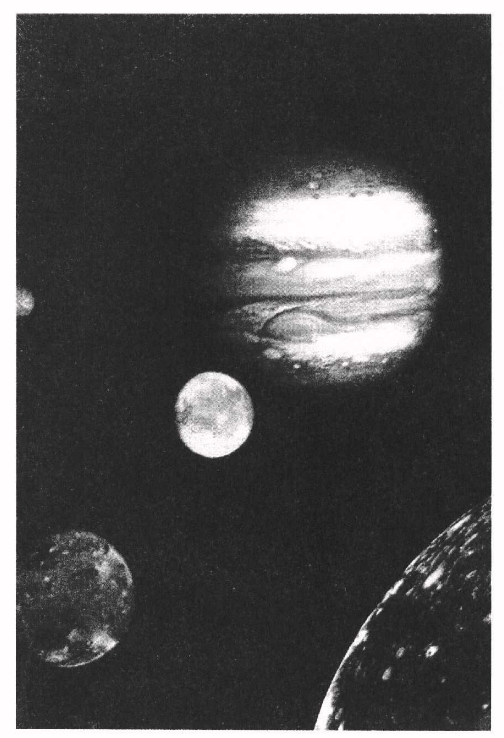
شكل ٨-١٠) صورة لمركبة فويجر وهي تدور حول المشتري

ويتكون كوكب المشتري من غلاف جوي وسمكه حوالي ١٠٠٠ كم ثم يليه طبقة الهيدروجين السائل وسمكها حوالي ١٢ ألف كم ودرجة الحرارة في هذه الطبقة حوالي ١٠ آلاف درجة مطلقة والضغط ٣ مليون مرة مثل الضغط على سطح الأرض. وتليها طبقة يكون فيها الهيدروجين مضغوطاً أكثر بحيث يكون في حالة معدنية وهي أكبر طبقة (٣٥ ألف كم) ثم طبقة ثلجية من الكربون والنيتروجين والأكسجين والهيدروجين، أما مركزه فإنه عبارة عن مواد صلبة كثافتها عالية جداً وهي تتكون غالباً من الحديد والسيليكون والأكسجين، ودرجة الحرارة تزيد إلى ٣٠ ألف داخل المركز وسمك لب المشتري ٧ آلاف كم أي أكبر من حجم الأرض ! ويتضح مما سبق أن الكوكب ليس له قشرة صلبة، وهذه الظاهرة سنلاحظها في جميع الكواكب شبيهة المشتري. بمعنى أن هذه الكواكب ليست لها قشرة صلبة رغم برودتها . وقد يكون بعدها عن الشمس وانخفاض حرارتها هو السبب في عدم تكون قشرة صلبة لها.

المجال المغناطيسي:

تعادل شدة المجال الغمناطيسي على المشتري حوالي ١٢ مرة مثل المجال المغناطيسي للأرض، وقطبي المجال المغناطيسي في اتجاه معاكس لمجال الأرض وهذا يمكن تفسيره فنحن نعلم أن المجال المغناطيسي للأرض يغير اتجاهه بين الحين والاخر وهذا ما نتوقعه أيضاً بالنسبة لكوكب المشتري، وقد لوحظ أنه توجد أحزمة تحيط بالكوكب مثل أحزمة فان آلن لكن كميات الشحنات فيها أكبر بكثير،

ومن الجدير بالذكر أن خمسة من أقمار المشتري تدور داخل المجال المغناطيسي للكوكب ويلاحظ أن المجال المغناطيسي للمشتري يتمايل إلى أعلى وإلى أسفل.

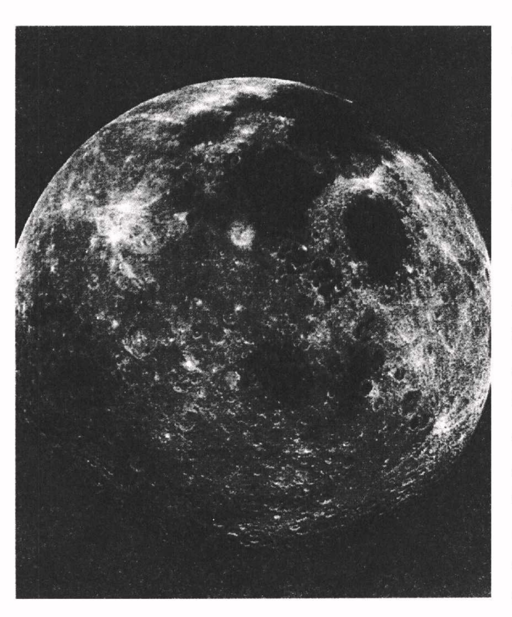


شكل (٨-١١)

المشتري مع أقماره الكبيرة وهي : جانيميد وكاليستو واوروبا وIO .

أقمار المشتري وحلقته:

للمشتري ١٦ قمراً ، ثمانية منها تدور حول الكوكب على أبعاد صغيرة (٢ مليون كم) وأربعة من الأقمار التالية تبعد مسافة ١٢ مليون كم ومستويات مداراتها تميل على مستوى دوران المشتري بزاوية ٢٥-٣٠ درجة، أما الأربعة الأقمار الأخيرة فهي تتحرك في إتجاه عكسي وعلى مسافات ٢١-٢٤ مليون كم، ومداراتها ذات ميل كبير. وللمشتري أربعة أقمار كبيرة، وهي أكبر من أو قريبة من حجم القمر التابع للأرض، بل إن كلا القمرين جانيميد Ganymede وكاليستو Callisto أكبر حجماً من كوكب عطارد. ومن عجيب الأمر أن هذه الأقمار الأربعة تبدو مختلفة عن بعضها ولا يتشابه أي اثنين منها، وأقربها إلى كوكب المشتري وهو القمر IO يبدو كما لو كان قرصاً من البيتزا أو الحلوى المزركشة وبسبب جاذبية القمرين التاليين له فإن IO يغير قليلاً من الوجه الذي يقابل به المشتري كما أن مداره يبدو مفلطحاً ، وقد وجد على سطحه براكين فعالة كما أنه يتمدد وينكمش ويبعث حرارة يتأثر بها الكوكب، وIO هو أكثر أقمار المشتري كثافة بل وإن له أعلى كثافة في أقمار المجموعة الشمسية، وحينما تخرج الحمم الساخنة من براكين القمر IO فإن المشتري يجذبها إليه فتخرج كشحنات تسير في المجال المغناطيسي للمشتري مولدة تياراً كهربياً قوياً يبلغ حوالي ٥ مليون أمبير! وهو بالطبع تيار كهربي قوي جداً يصعب الاقتراب منه. أما القمر الثاني أوروبا Europa فإنه يتميز بدرجة لمعان عالية تشبه درجة لمعان الزهرة والسبب في ذلك أن عليه طبقة من الثلج تخفي معالم سطحه. وإذا اقتربنا من القمر جانيميد فسنجد أنه أكبر أقمار المشتري وهو أكبر في حجمه من عطارد كما أنه أكبر قمر في المجموعة الشمسية كلها من حيث الحجم والكتلة.

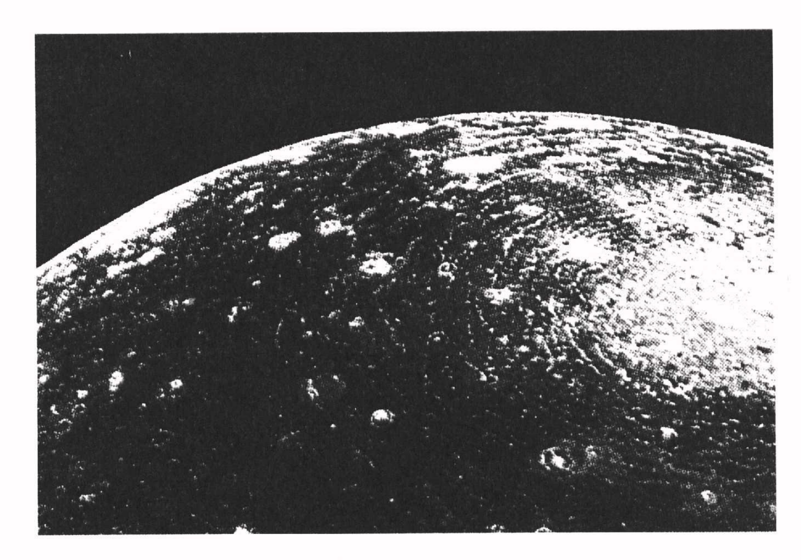


شكل (٨-١٢) القمر جانيميد

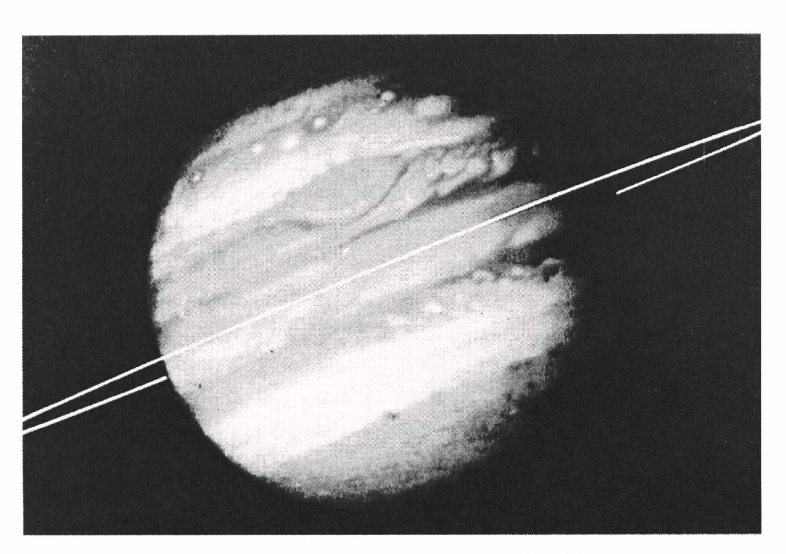
القمرين جانيميد وكاليستو وكذلك القمر تيتان التابع لزحل هؤلاء الثلاثة متشابهون في الحجم والكتلة والكثافة مما يجعل الفلكيين يعتقدون أن هذه الأقمار الثلاثة متشابهة أيضاً في التركيب الداخلي وبالتالي قد تكون نشأتها من حيث الظروف واحدة. ولقد بينت رحلات فويجر أن التركيب الداخلي لجانيميد وكاليستو عبارة عن نصف صخري والنصف الخارجي ثلجي كما أن طبقة الوشاح فيهما عبارة عن ماء سائل أو في حالة ثلجية. وهذان القمران يعتبران صورة نموذجية لجيولوجيا هذا العالم الثلجي، يغطي سطح كاليستو فوهات ناشئة عن اصطدام الشهب بسطحه وهذا يوضح أن :

١ - السطح الثلجي يحتفظ بالحفر الناشئة عن الارتطام.
٢ - أن الكواكب الخارجية وأقمارها تعرضت لإرتطام الشهب تماماً كالكواكب الداخلية.
٣ - لا توجد أية أنشطة جيولوجية أخرى على كاليستو.
٤ - الفوهات تكون أوسع على السطح الثلجي إذا كانت درجات الحرارة المناسبة بمعنى أن يحدث تسخين عند الأرتطام يؤدي إلى إتساع الحفرة بالتسخين. ولكن من الملاحظ أن السطح الثلجي يكون أشد صلابة في الأقمار التابعة لزحل وما بعده من كواكب حيث تكون البرودة عالية جداً.

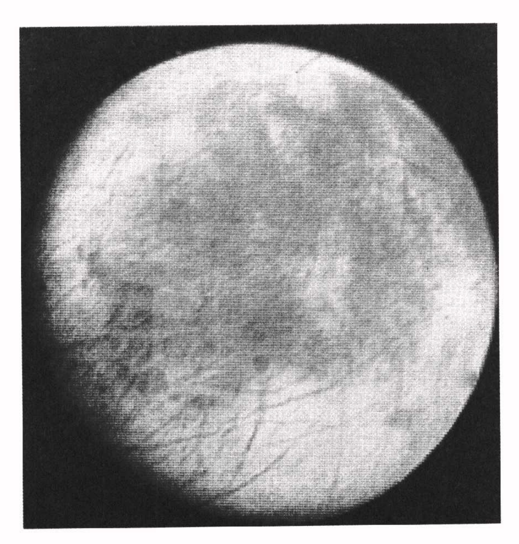
أما جانيميد فإن عليه فوهات بنسبة أقل مما في كاليستو ويمكن تفسير ذلك بأن الأجزاء الخارجية لجانبيميد حديثة في التكوين بحيث أنها تكونت على سطح جانيميد بعد انتهاء فترة الشهب الكثيرة في بداية تكون المجموعة الشمسية . كما يوجد على سطحه تشققات وقنوات أحدثتها قوى داخلية كما أن الماء الموجود في الوشاح قد جرى بعضه على السطح وتجمد على ذلك أما القمرين أوروبا وIO فهما يتشابهان في الكثافة مع القمر التابع للارض بل أن IO أعلى الأقمار من حيث الكثافة وهما أيضاً قريبان من حيث الحجم والكثافة من قمرنا . والسبب في عدم كثرة المادة الثلجية على هذين القمرين هو قربهما من كوكب المشتري والذي كان يشع من داخله بشكل هائل في الفترة الأولى بعد تكونه بحيث أدت الحرارة الخارجة منه إلى تبخر الثلج من كلا القمرين أوروبا وIO وسطح القمر أوروبا مغطى بطبقة ثلجية كما لو كانت بحيرات من الثلج المتجمد تملاء سطحه كما توجد بعض



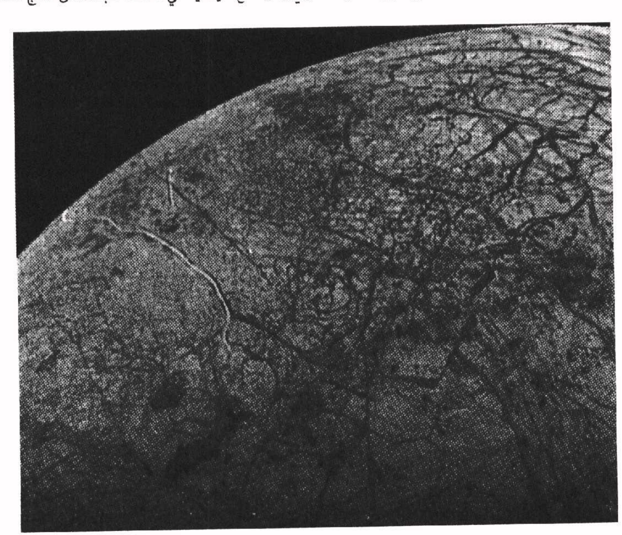
شكل (٨-١٣) القمر كاليستو . ثاني أكبر أقمار المشتري



شكل (٨-١٤) حلقة المشتري. وهي رفيعة وتتكون من حبيبات صغيرة وداكنة



شكل (٨-١٥) القمر اوروبا . رابع أكبر أقمار المشتري وهو لامع حيث يغطي سطحه طبقات من الثلج الصافي



شكل (٨-١٦) صورة مكبرة لسطح القمر اوروبا ويظهر فيها عروق من المواد التي خرجت في بداية عهده من باطنه ثم استقرت على سطحه مما يوضح أنه كان نشط جيولوجيا في الماضي

م	القمـــــر	تكوين السطـــح
١	جانميد	خليط من الثلج
٢	تيتان	غير معلـــوم
٣	كاليستو	خليط من الثلج
٤	IO	كبريت ، SO_2 ثلجي
٥	القمـــر	سيليكات نارية
٦	اوروبا	ثلج الماء
٧	تريتون	ثلج النيتروجين

جدول (٨-٥) تركيب السطح في الأقمار الكبيرة في المجموعة الشمسية

الكوكـب	سمك الحلقات (كم)	مـــادة الحلقـات	الكتلـــة (طن)
المشتري	١٢٨ ألف	رمل دقيق Fine dust	$١٠^{٧}$
زحـــل	١٤٠ ألف	لامعة (ثلج الماء)	$١٠^{١٦}$
أورانوس	٥١ ألف	داكنة (مواد كربونية)	$١٠^{١١}$
نبتون	٦٣ ألف	داكنة (مواد كربونية)	$١٠^{٩}$

جدول (٨-٦) معلومات عن حلقات الكواكب العملاقة

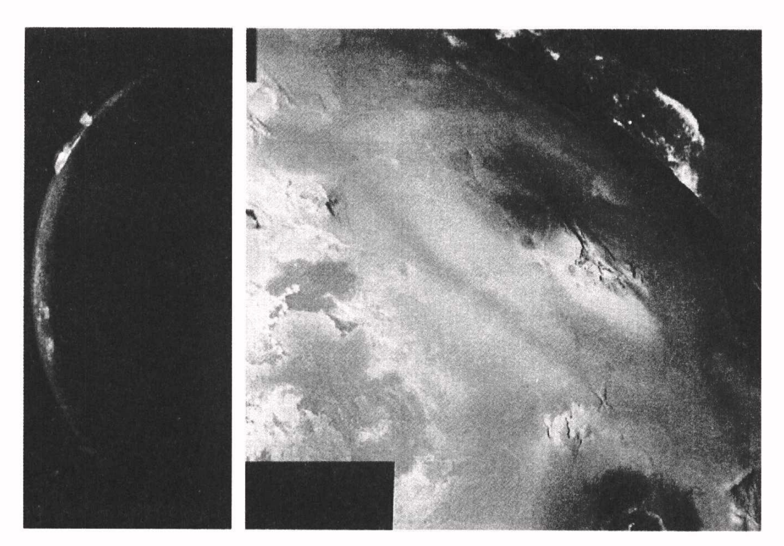
الفوهات الناشئة عن ارتطام الشهب بالإضافة إلى شبكة ضخمة من التشققات والتي تدل على نشاط داخلي يؤثر على سطحه.

الاســـــم	نصف القطــر (القمر=١)	الكتلـــة (القمر=١)	الكثافـــة (الماء = ١)
جانيميد	١٫٥١	٢	١٫٩
تيتان	١٫٤٨	١٫٩	١٫٩
كاليستو	١٫٣٨	١٫٥	١٫٨
IO	١٫٠٤	١٫٢	٣٫٥
القمر	١	١	٣٫٣
أوروبا	٫٩	٫٧	٣
تريتون	٫٧٨	٫٣	٢٫١

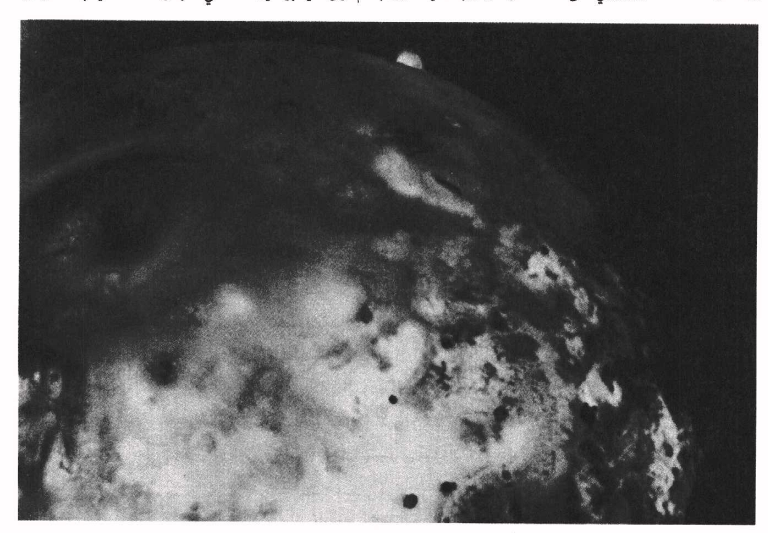
جدول (٨-٧) بعض خواص الأقمار الكبيرة في المجموعة الشمسية

براكين القمر IO:

لقد كان اكتشاف البراكين الفعالة على القمر IO واحداً من أهم النتائج التي أتت بها مركبة فويجر ١ ، فقد رصدت ثماني براكين يخرج منها حمم وذلك في مارس عام ١٩٧٩ كما رصدت فويجر ستة من البراكين نفسها بعد أربعة أشهر في نفس العام. والمادة التي تخرج من البراكين عبارة عن كبريت وثاني أكسيد الكبريت تقذف لمسافة بعيدة ثم تتجمد لتنزل إلى سطح القمر IO كحبيبات من الثلج. ولون ثاني اكسيد الكبريت So2 كثلج أبيض أما الكبريت فيعطي لونين الأحمر والبرتقالي. وبطبيعة الحال فإن كثرة البراكين الفعالة تؤدي إلى إخفاء أي حفر ناشئة عن ارتطام الشهب ولذلك لا تظهر حفر على سطح القمر IO . وتظهر صور أخرى للنشاط البركاني منها تكون طبقات بركانية ومنها أن بعض الأماكن تكون ذات درجة حرارة مرتفعة تقدر بحوالي ٣٠٠ درجة مطلقة أي مساوية لدرجة الحرارة على الأرض وهي تعتبر درجة حرارة عالية إذا ما قورنت بدرجة الحرارة اليومية العادية على سطح القمر IO والتي تساوي ١٣٠ درجة مطلقة وتكون الغازات التي تخرج من البراكين غلافاً جوياً رقيقاً على القمر IO . وحيث أن IO يدور داخل المجال المغناطيسي لكوكب المشتري لذلك تصل إليه شحنات عالية الطاقة من كوكب المشتري ولذلك تتأين الغازات في غلاف IO ومن ثم تتبع المجال المغناطيسي مكونة تياراً كهربائياً قوياً يميز مدار القمر IO حول المشتري. ولكن ما السبب في هذه البراكين القوية التي رصدت على القمر IO ؟ وفي محاولة تفسير ذلك نلاحظ أن بعد القمر IO عن كوكب المشتري مساو تقريباً لمسافة القمر من الأرض ولكن المشتري أكبر من الأرض بكثير ولذلك فإن قوة جاذبية المشتري للقمر IO تكون عالية بحيث تسببت في فلطحة القمر IO في شكله كما أن قرب القمرين أوروبا وجانيميدا من IO تسبب في أن لهما جاذبية عالية عليه ولذلك فإن IO لا يدور حول كوكب المشتري بوجه ثابت كبقية الأقمار بل نجده يغير وجهه أمام كوكب المشتري وهذا يؤدي بدوره إلى أن القمر IO يعاني من تذبذب والتواء وكما أن مساره حول



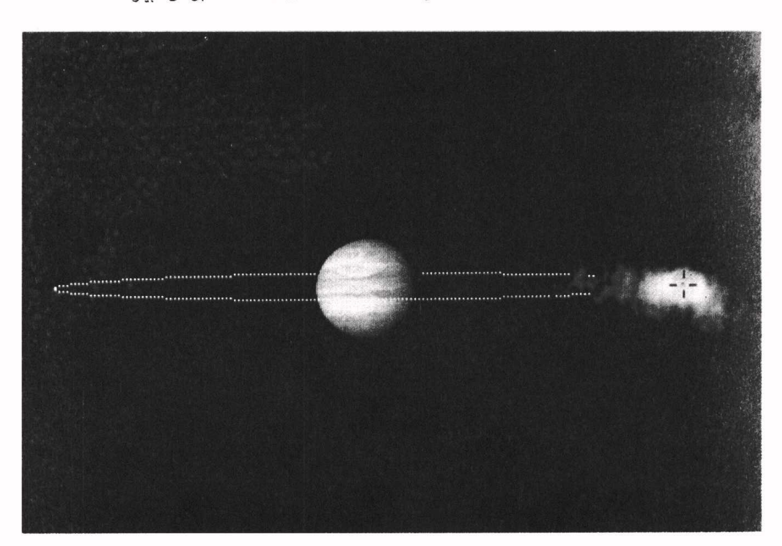
شكل (٨-١٧) صورة لمادة البراكين والغازات أثناء خروجها من البراكين على القمر IO. لقد تم تصور العديد من البراكين مما يؤكد قوة النشاط الجيولوجي على هذا القمر ، وهو بذلك يعد أول جسم نرى عليه براكين فعالة في المجموعة الشمسية بعد الأرض



شكل (٨-١٨) لقد صورت براكين عديدة على سطح القمر IO وهي نشطة حيث تخرج منها الحمم والغازات مما يؤكد قوة وفعالية البراكين عليه. ويعد بذلك ثاني جسم في المجموعة الشمسية رصد عليه نشاط جيولوجي واضح بعد الأرض



شكل (٨-١٩) القمر IO سطحه مليء بالفوهات البركانية ويبدو سطحه كطبق من البيتزا



شكل (٨-٢٠) مسار القمر IO حول المشتري تتحرك فيه شحنان مكونة تياراً كهربياً قوته ٥ مليون أمبير تقريباً

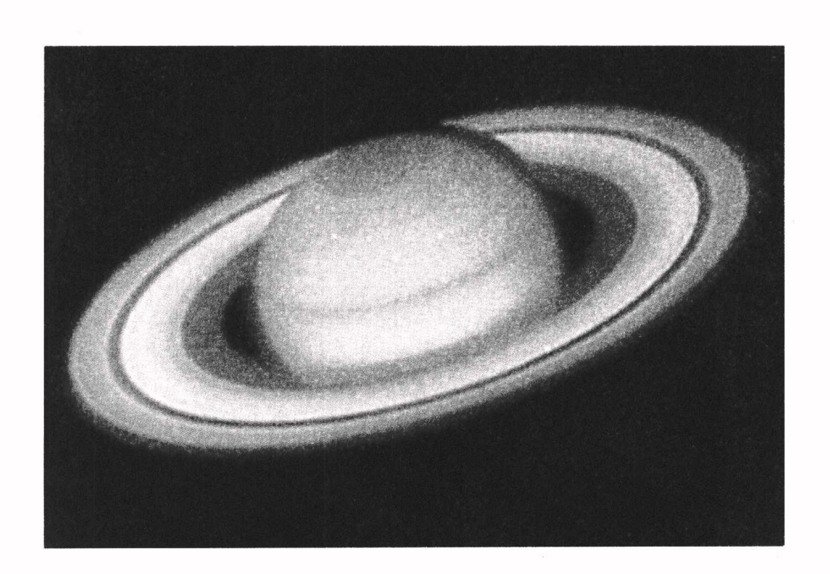
كوكب المشتري إهليلجي والتغير في قوة الجاذبية على IO والإلتواء من حركته يؤدي إى تسخينه من الداخل وانصهار باطنه بحيث تحدث البراكين بهذه القوة التي نلاحظها عليه.

أما بقية اقمار المشتري فهي ما بين متوسطة وصغيرة، وأربعة منها أقرب للمشتري من IO وأشكالها غير منتظمة كبقية الأقمار الصغيرة. ويمكن القول بأن أغلب أقمار المشتري تدور حول الكوكب بوجه واحد كما هو حال قمرنا (التابع للأرض). وبشكل عام فإن الأقمار الداخلية بما فيهم IO بها كمية قليلة من الثلج وأغلب مادتها من الصخور، أما الأقمار الخارجية فإن أغلب مادتها ثلجية ولذلك فإن كثافتها صغيرة. السطح الخارجي للأقمار الخارجية مليء بالفوهات الناشئة عن الشهب مما يوحي بأن هذه الأقمار أكبر عمراً من الأقمار الداخلية.

ومن الاكتشافات الحديثة أنه قد رصد حلقة رفيعة تدور حول كوكب المشتري وهي عبارة عن حبيبات صغيرة الحجم، ولعل المزيد من رحلات الفضاء تظهر لنا أشياء أخرى عن أسرة كوكب المشتري الكبيرة.

الكوكب زحل

يتميز بحلقاته الجميلة

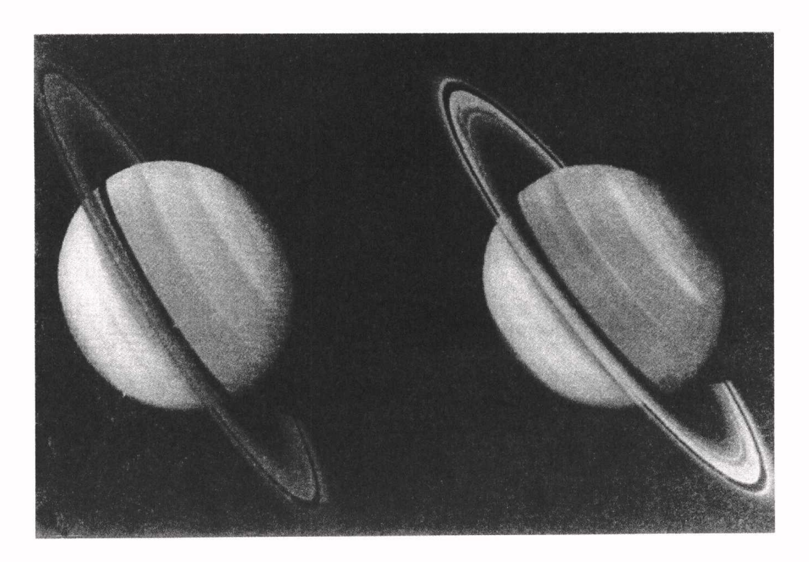


شكل (٨-٢١) الكوكب زحل

كوكب زحل هو اخر الكواكب التي عرفت منذ قديم الزمان حيث يمكن رؤيته بالعين المجردة، وفي الحقيقة فإن كوكب أورانوس يمكن رؤيته بالعين المجردة تحت شروط جيدة ولكنه لم يكتشف إلا بعد استخدام التلسكوبات في الرصد، مما يجعل له أهميه خاصة من الناحية التاريخية حيث أنه يعتبر السبب في إدارة السؤال المهم: هل يوجد كوكب آخر؟ وقد ظل العلماء يطرحون هذا السؤال حتى اكتشفنا كوكب بلوتو وهم يبحثون الآن عن الكوكب العاشر. ورغم أن كتلة زحل أكبر من الأرض بحوالي ١٠٠ مرة إلا أن مادته تشغل مساحة كبيرة حيث أن كثافته أقل من كثافة الماء ، وهو يدور حول الشمس في ٣٠ سنة أرضية. يعتبر كوكب زحل الأخ الأصغر لكوكب المشتري من حيث الغلاف الجوي والتركيب الداخلي، فنلاحظ من جدول (٨-٩) أن الغازات الموجودة في الكوكبين واحدة مع اختلاف طفيف في نسبتها فيهما، إلا أن البرودة الشديدة الموجودة على كوكب زحل ساعدت على زيادة الجزيئات المركبة وزيادة سمك الغلاف الجوي في زحل أكثر مما في المشتري كما أن فصول السنة تختلف على كوكب زحل لميل مستويي دورانه بزاوية مقدارها ٢٧ درجة بينما لا تختلف فصول السنة على المشتري ، كما أن انقسام الغلاف الجوي إلى طبقات كما هو واضح في المشتري يبدو بشكل أخف على كوكب زحل وذلك لارتفاع السحب لمسافات كبيرة على كوكب زحل ، وكما هو الحال في المشتري فإن زحل يشع طاقة حرارية أكثر مما يكتسبه من الشمس بمقدار ١.٨ مرة. أما المجال المغناطيسي فإنه أضعف بكثير مما هو على المشتري كما هو مبين في جدول (٨-١٠) ، ويبدو أن السبب في ذلك يرجع إلى أن الحلقات الكبيرة حول زحل تسببت في إعاقة زيادة المجال المغناطيسي رغم حركته السريعة حول نفسه، ولقد لوحظ أن المجال المغناطيسي يتذبذب في الحجم الذي يشغله بحيث أن أكبر أقمار زحل وهو تيتان أحياناً يكون داخل المجال المغناطيسي للكوكب وأحيانا يكون خارجه. يقدر بعد زحل عن الشمس بحوالي ضعف بعد المشتري عنها ولذلك فإن زحل يتم دورته حول الشمس في حوال ٣٠ سنة ، يميل مداره حول الشمس على مدار الأرض حول الشمس بزاوية صغيرة والزاوية بين محوري دورانه أعلى قليلاً مما على الأرض ولذلك فإن فصول السنة عليه تتغير ،

المحور الكبير	٥٥٥ر٩ وحدة فلكية
أقرب مسافة	٠٢٣ر٩ وحدة فلكية
أبعد مسافة	٠٨٦ر١٠ وحدة فلكية
مقدار الاستطالة	٠٥٦ر٠
السنة	٤٦ر٢٩ سنة
ميل المدار	٣٣´ ٢٩¨ ٢°
اليوم	١٠ س ٣٩ ق ٤ ث
ميل المحورين	٤٤´ ٢٦°
القطر المتوسط	٩ قطر أرضي
القطر القطبي	٥٤ر٨ قطر أرضي (٩٤٨ر٠ القطر المتوسط)
القطر الاستوائي	٤٦ر٩ قطر أرضي (٠٥٢ر١ القطرالمتوسط)
الكتلة	١٢ر٩٥ كتلة أرضية
الكثافة	٦٩ر٠ جم/سم٣
قوة الجاذبية	١٣ر١ جاذبية أرضية
سرعة الهروب	٣٦ كم/ث
درجة الحرارة	١٣٤ كيلفن
العاكسية	٤٧ر٠
عدد الأقمار	١٨

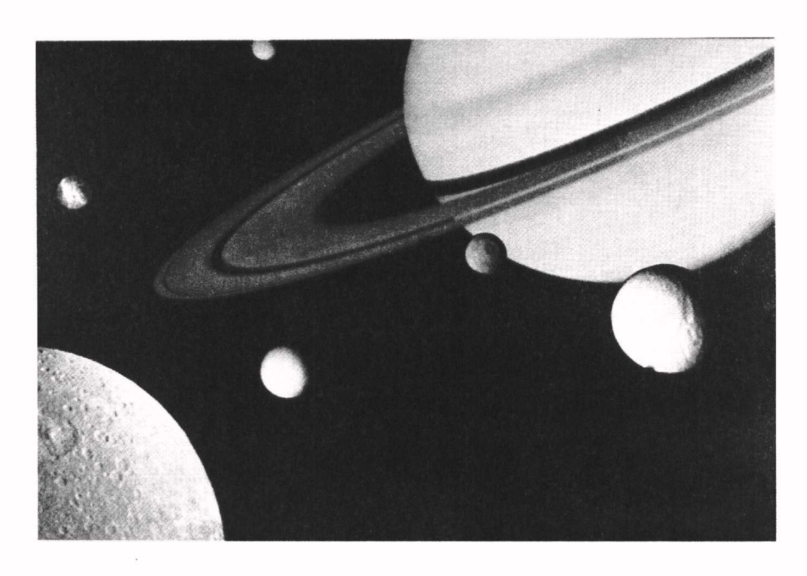
جدول (٨-٨) الخواص العامة لزحل



شكل (٨-٢٢) يتميز زحل بحلقاته الجميلة. وقد تظهر الحلقات بكامل سمكها أو أقل حسب زاوية رؤيتنا لمادة الحلقات. الصورة الأولى على اليمين أرسلتها فويجر ١ والثانية حددت بواسطة مركبة الفضاء فويجر ٢

الغاز	المشترى	زحل
H_2	١	١
He	١٢ر	٠٦ر
CH_4	٢×١٠^{-٣}	٢×١٠^{-٣}
NH_3	٢×١٠^{-٤}	٢×١٠^{-٥}
C_2H_2	٨×١٠^{-٧}	١×١٠^{-٧}
C_2H_6	٤×١٠^{-٥}	٨×١٠^{-٦}
PH_3	٤×١٠^{-٧}	٣×١٠^{-٦}

جدول (٨-٩) تركيب الغلاف الجوي لكل من المشتري وزحل



شكل (٨-٢٣) صورة رائعة لزحل بحلقاته الجميلة مع بعض أقماره

الكوكب	متوسط القوة على السطح جاوس	الانحناء	الإزاحة عن مركز الكوكب (نصف قطر الكوكب)	قطر المجال نصف قطر الكوكب
المشتري	٤	١٠°	٠ر١	٥٠ - ١٠٠
زحل	٠ر٢	١٠°·	٠ر٠	١٥ - ٢٥
أورانوس	٠ر٣	٦٠°	٠ر٣	١٥ - ٢٠
نبتون	٠ر٢	٥٥°	٠ر٥	١٥ - ٢٠
الأرض	٠ر٣	١١°	٠ر٠	

جدول (٨-١٠) المجال المغناطيسي لبعض الكواكب

وقطره يساوي تسعة أمثال قطر الارض وهو يبدو مفلطحاً مثل المشتري وذلك لدورانه الشديد حول نفسه، أما كتلته فحوالي ١٠٠ كتلة أرضية، ويتميز كوكب زحل بأقل كثافة يمكن أن توجد في الكواكب وسطح ابرد قليلاً من المشتري. أما من حيث التركيب الداخلي فهو مثل المشتري يتركب من أربع طبقات: اللب الداخلي صخري وسمكه ٨ آلاف كم ثم طبقة ثلجية سمكها ٧ آلاف كم وفوقها طبقة من معدن الهيدروجين وسمك هذه الطبقة اقل كثيراً مما في المشتري (١٤ الف كم)، أما الطبقة السطحية فهي هيدروجين سائل وسمكها ٣٠ ألف كم. العاكسية على زحل مشابهة لعاكسية المشتري، ورغم أنه اصغر من المشتري حجماً وكتلة إلا أنه يتمتع بأكبر عدد من الأقمار التي تدور حوله.

أقمار زحل:

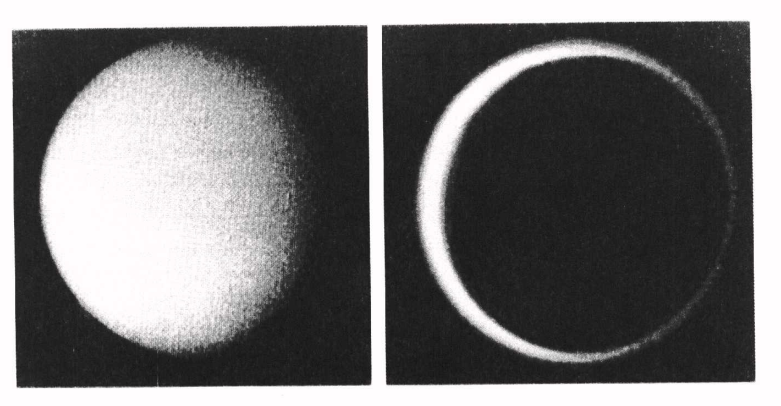
لكوكب زحل ١٨ قمراً ، وهناك احتمال أن يكون هناك أقمار أخرى ولكن هذا لم يتأكد بعد، وأكبر أقمار زحل هو القمر تيتان والذي يعد ثاني أكبر أقمار المجموعة الشمسية. يلي تيتان في الكتلة ثمانية أقمار متوسطة الكتلة والباقي أقمار صغيرة تأخذ أشكالاً غير منتظمة وآخر قمر يسمى فوب وبعده عن الكوكب أربعة أمثال بعد بقية الأقمار وهو يتحرك حركة تراجعية (عكس بقية الأقمار).

القمر تيتان:

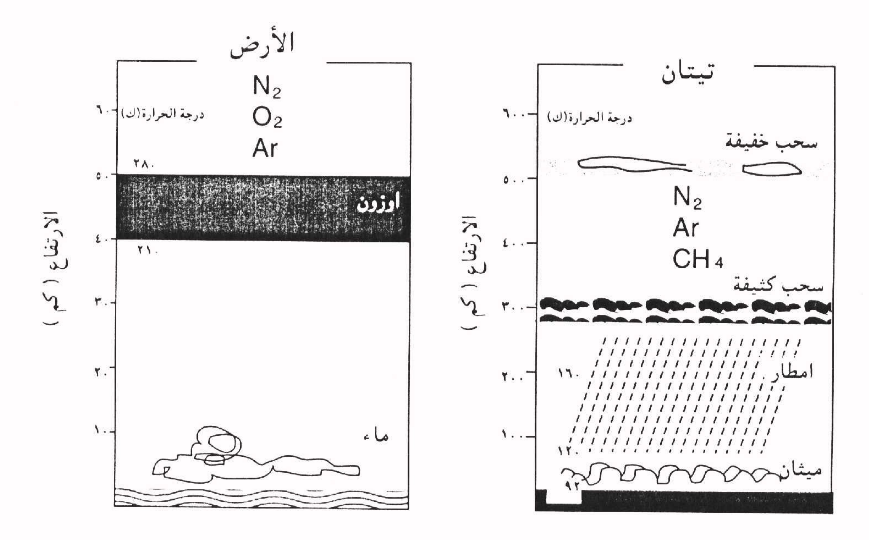
جدول (٨-١١) تركيب الغلاف الجوي لتيتان

العنصر	النسبة
نيتروجين	٩٠ - ٩٨٪
أرجون	٠ - ١٠٪
ميثان	١ - ٥ ٪
هيدروجين	٢ر - ٦ر٪

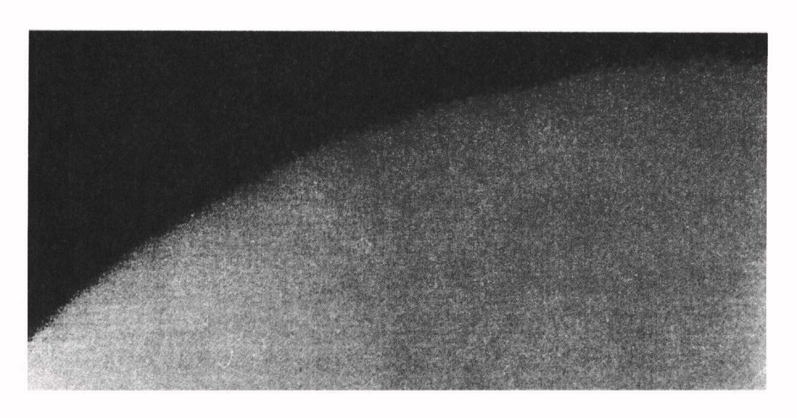
توجد على القمر تيتان ظاهرة تستحق الدهشة حيث نشاهد معملاً كيميائياً من نوع لم نألفه ، فإن لهذا القمر غلاف جوي أشد عمقاً من الغلاف الجوي للأرض وبهذا يعد تيتان القمر الوحيد الذي رأينا له غلافاً جوياً سميكاً في المجموعة الشمسية والضغط على سطحه ١.٥ بار أي أعلى من الضغط الجوي على الأرض وأكبر من الضغط الجوي لكل الكواكب شبيهة الأرض عدا كوكب الزهرة. ويتكون الغلاف الجوي من النيتروجين بشكل أساسي وهو بذلك يشبه الأرض، كما يوجد عليه أرجون بنسبة أقل من ١٠٪ وميثان بنسبة تتراوح ما بين ١-٥٪ كما تم التعرف على مركبات أخرى في الغلاف الجوي لتيتان مثل أول أكسيد الكربون CO ومركبات مختلفة من الكربوهيدرات ومركبات النيتروجين مثل HCN ، وبصفة خاصة فإن رصد HCN يعتبر من الاكتشافات المهمة لأنه يمثل نقطة البداية لتكوين المركب DNA وهو جزئ عضوي، ووجوده يشير إلى احتمال وجود حياة بنوع ما على هذا القمر!! بالطبع هو أمر مثير لكنه مازال أملاً لم يتحقق بعد. وتوجد في غلافه عدة طبقات من السحب وأكثرها قرباً لسطح القمر تيتان توجد في طبقة التروبوسفير على ارتفاع ١٠كم وهي تتركب من الميثان وحيث إن درجة الحرارة على سطح تيتان تبلغ حوالي ٩٠ درجة مطلقة لذلك فإن الميثان يمكن أن يوجد في الحالات الثلاث (صلب وسائل وبخار).



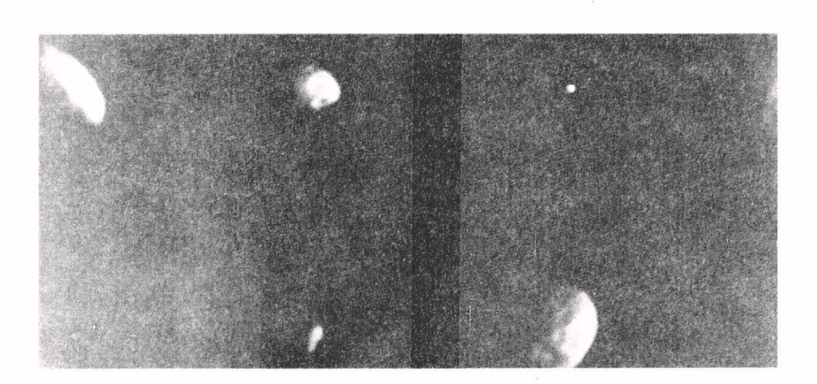
شكل (٨-٢٤) القمر تيتان. الصورة على اليمين لتيتان وهو هلال،
وعلى اليسار نرى تيتان وقد غطاه غلاف جوي كثيف يخفي معالم سطحه



شكل (٨-٢٥) مقارنة بين غلافي الأرض والقمر تيتان. لاحظ أن عمق غلاف تيتان ١٠ أمثال الغلاف الجوي للأرض.
المحور الراسي يمثل درجات الحرارة بالدرجة المطلقة والإرتفاع من السطح بالكيلومتر



شكل (٨-٢٦) تبين الصورة الغلاف الجوي لتيتان



شكل (٨-٢٧) الأقمار الصغيرة لزحل

وهذا يعني ن هناك سحباً من الميثان كما أن هناك أمطاراً من الميثان تسقط على سطح تيتان ولذلك توجد هناك بحيرات من الميثان، وهذا شيء عجيب يجعلنا نتسائل هل هناك مخلوقات تستطيع أن تعيش في مثل هذه الظروف ويكون شرابها الميثان؟ ويحتمل أن تكون بعض بحيرات تيتان من النيتروجين، وقد اتضح من أرصاد الرادار أن البحيرات لا تملأ سطح تيتان بل إن مظاهر السطح تتغير من مكان لآخر وهذا ما يحتاج إلى أرصاد أكبر دقة لمعرفة تركيب السطح ومدى تشابهه مع أي من أسطح الكواكب الأخرى.

كما توجد سحب خفيفة ذات لون بني وضباب يتكون من مركبات كيماوية عضوية، وتبلغ درجة الحرارة على سطح تيتان حوالي ٩٠ درجة مطلقة وعند هذه الدرجة المنخفضة توجد بحيرات من الميثان والإيثان على سطح القمر تيتان.

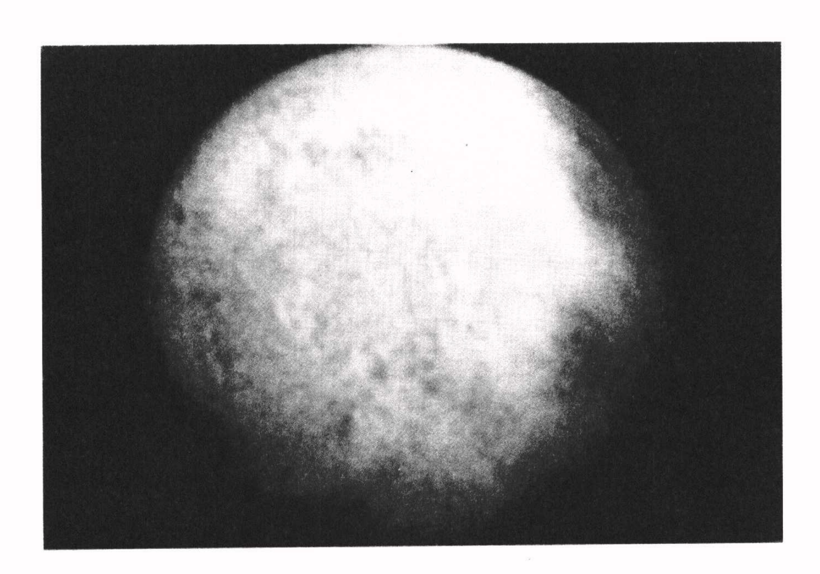
ونأتي إلى السؤال الهام وهو لماذا يحيط بتيتان غلاف جوي سميك بينما لا يوجد مثيله على جانيميد أكبر أقمار المجموعة الشمسية؟ ويتأكد هذا التساؤل إذا علما أن كثير من العوامل تشير إلى تشابه القمرين من حيث التركيب فحجمهما متقارب وكذلك الكثافة عليهما واحدة. ولاشك أن هذه واحدة من الأسرار العديدة التي لم نفهمها بعد عن مجموعتنا الشمسية. ويعتقد الفلكيون أن الإجابة قد تكمن في عدة عوامل منها بعد تيتان عن الشمس أكثر من جانيميد مما يجعله أكثر برودة ومن المحتمل أنه قد أخرج غازات من داخله أكثر من جانيميد، كاليستو، وهذا يعني أن تركيز المادة لم يكن متجانساً في جميع أنحاء السحابة التي تكونت منها المجموعة الشمسية وهذا أمر طبيعي ومفهوم فقد يكون الغاز الذي تجمع ليكون القمر تيتان قد تبقى منه كمية كبيرة كونت الغلاف المحيط به.

تبلغ الكثافة على تيتان ٢جم/سم٢ ربما لأنه يتكون من خليط من الثلج والمواد الصخرية ووجود نيتروجين على تيتان يدل على أنه كانت عليه براكين في فترة من حياته.

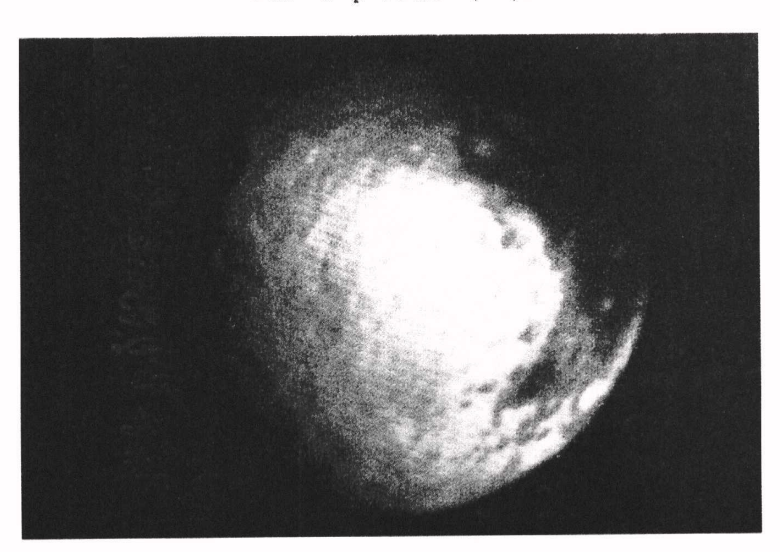
الأقمار الصغيرة لزحل:

لكوكب زحل ستة أقمار عادية في صفاتها وتتراوح أقطارها ما بين ٤٠٠ - ١٦٠٠ كم والكثافة تبلغ حوالي ١.٣ جم / سم٣ مما يشير إلى أنها تتكون من نسبة عالية من ثلج وماء . وأكبرهم هو القمر ريا Rhea وهو نصف القمر أوروبا في الحجم. وقد لوحظ عليه وعلى اخوانه ميماس Mimas ، ودايون Dione وتيسز Tethys وجود حفر كثيرة وسطحهم لامع وهو من ثلج الماء الصافي كما وجدت تشققات وغير ذلك من التطورات الجيولوجية بحيث أصبحت مستقرة جيولوجيا منذ أكثر من عدة ملايين من السنين. ولزحل قمران غير عاديين ، أبيتوس lapetus وهو في حجم القمر ريا وأحد وجهيه يشبه ريا أما الوجه الآخر فيختلف تماماً حيث يكون الوجه المقابل منه لزحل منه مغطي بطبقة داكنة من المواد الكربونية والفارق بين وجهي أبيتوس كالفارق بين أرضيتين إحداهما أسفلت والأخرى مغطاة بطبقة ثلجية حديثة . فأحدهما شديد اللمعان والآخر لونه داكن وهذا اللون لابد وأن يكون مرتبط بشيء ما يدور في داخل هذا القمر وقد يكون أحد الموضوعات الشيقة التي تساعدنا على فهم الكيمياء الأولية للمجموعة الشمسية.

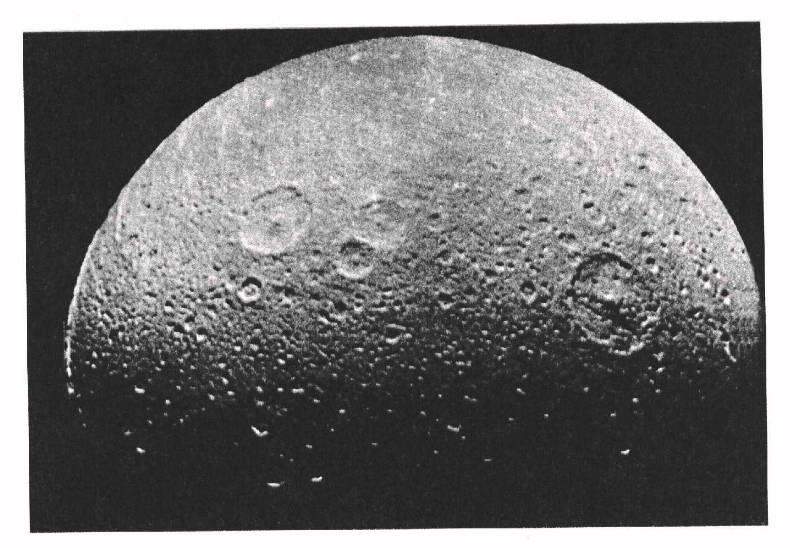
والقمر الثاني من أقمار زحل والذي يتميز بظواهر غير مألوفة هو القمر انسيليداس Enceladus فرغم صغره في الحجم (قطره حوالي ٥٠٠كم) إلا أن نصف سطحه خالي من الحفر كما توجد



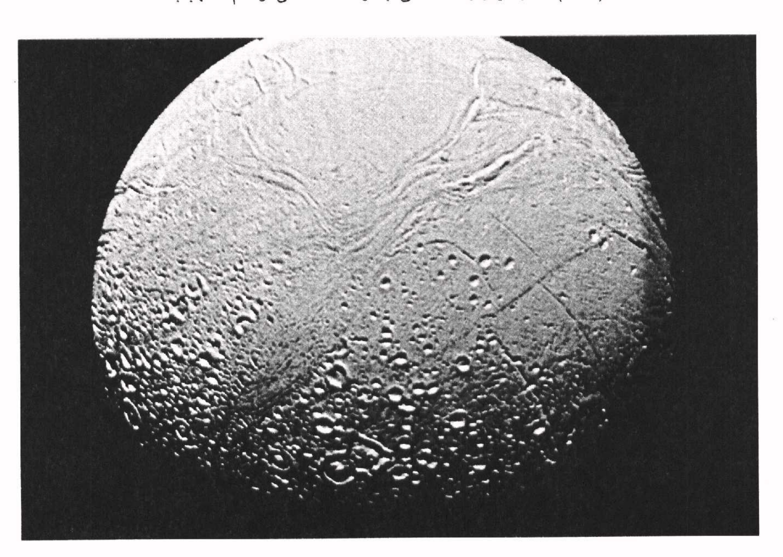
شكل (٨-٢٨) القمر ريا وهو ثاني أكبر أقمار زحل



شكل (٨-٢٩) القمر إبيتيوس وهو من أغرب الأقمار، فأحد وجهيه أبيض كالثلج
والآخر أسود كالزفت. وهو في حجم ريا



شكل (٨-٣٠) القمر دايون وسطحه ملىء بالفوهات دلالة على ارتطام الشهب بسطحه



شكل (٨-٣١) القمر إنسيليداس وسطحه مليء بالفوهات ولكن هناك أماكن على سطحه لا توجد عليها فوهات مما يعني أنها حديثة وأكثر ما يميز إنسيليداس السطح المغطي بثلج متبلر مما يدل على أنه تعرض لحرارة أدت إلى تبلر الثلج عليه

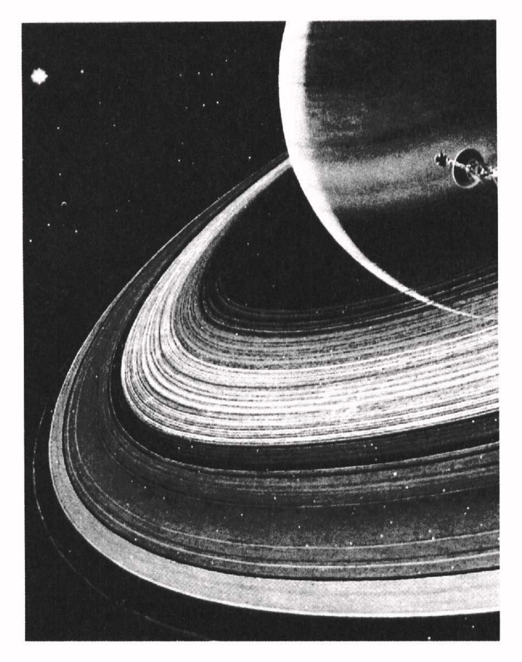
شواهد على نشاط جيولوجي قوي وسطحه يتمتع بأعلى عاكسية في المجموعة الشمسية كلها بحيث يتكون سطحه من ثلج متبلر ولذلك فإن درجة عاكسيته عالية جداً وهو يعكس تقريباً كل ما يسقط عليه من أشعة الشمس وهذا نموذج فريد لم نكن نتصور وجوده في الطبيعة فسبحان من خلف فأبدع، كما أن هذا القمر يتحرك مع حلقة بعيدة من حلقات زحل ويرمز لها بالرمز E وهي أيضاً مكونة من حبات ثلج صغيرة وهذا أمر شديد الغرابة فهل حدث قذف بركاني أو تطاير لمادة من شهاب بعد إرتطامه بسطح زحل بحيث وصلت منه حبات من ثلج الماء لتغطي القمر انسيليداس ولتكون الحلقة E من بللورات لامعة؟ وهناك تساؤل آخر محير. كيف يمكن لجسم صغير مثل انسيليداس أن يحتفظ بنشاط داخلي رغم أن صغر حجمه كفيل بأن يجعله قد برد منذ زمن بعيد؟ ولكوكب زحل ١١ قمراً صغيراً عليها حفر كثيرة وتغطيهم طبقات ثلجية ولها أشكال غير منتظمة ولكن الأمر الذي يستحق الدراسة في شأنها هو حركتها المدارية حول زحل وتفاعلاتهم مع مادة الحلقات. فالقمر هايبريون Hyperion مثلاً له اسلوب شاذ في الدوران فهو لا يدور حول زحل بوجه ثابت كبقية الأقمار كما أنه ليست له فترة زمنية محددة يمكن معرفتها كمدة لدورانه حول زحل وهو ما يعرف حالياً بالدوران الفوضوي!! تعبير مضحك ولكنه يدل على مدى عجز الانسان في التعبير عن ظاهرة لم يفهمها بعد وهناك نظرية حديثة في الفيزياء تعرف بنظرية الفوضى choaitic theory وهي تعبر عن ظواهر يصعب تفسيرها بقوانين الفيزياء المعروفة ومن الواضح أن هايبريون أحد الأجسام الكونية التي تحقق هذه النظرية، والسبب في ذلك بالنسبة لهايبريون أن قوة الجاذبية بينه وبين القمر تيتان تجعله يغير من طاقة الدفع الدورانية بين دورتيه حول نفسه وحول زحل. كما أن القمرين جانوس Janus وإيميثيوس Epimethius يدوران حول زحل تقريباً على نفس المدار ولو كان لهذين القمرين نفس مدة الدوران حول زحل لما حدث أي تقارب بينهما ولكن هذه الحالة غير ممكنة ديناميكيا ولكن مداريهما يختلفا بمقدار ٥٠كم مما يتسبب في اختلاف في مدة دورانهما بنسبة ٢٠٨٠/١ والقمر الداخلي منهما يتبع قانون كبلر بحيث يتحرك مع الخارجي بسرعة نسبية ٩م/ث، ويوجد بينهما تفاعل من حيث الجاذبية بحيث يغيران مدارهما حول زحل وبالتالي فإن السرعة النسبية لهما تنعكس فيتباعدان بعد تقارب في دورة تتكرر كل ٤ سنوات.

يتضح مما سبق أن الأقمار تحوي العديد من المعلومات المدهشة والظواهر الكونية العجيبة.

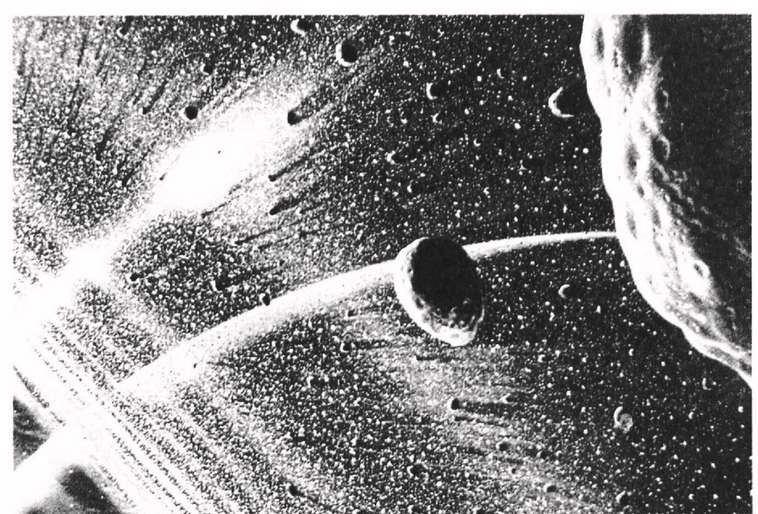
حلقات زحل:

من أروع ما نراه في المجموعة الشمسية هذه الحلقات التي تدور حول كوكب زحل وهي تتكون من حبيبات يتراوح قطرها ما بين عدة سنتيمترات إلى عدة أمتار وتتكون حلقات زحل من ثلج الماء ولذلك فإن عاكسية حلقات زحل عالية، ولكل حبة أو حجر مداره الخاص الذي يتحرك فيه حول الكوكب ويمكن تحديد دورة كل حجر حول الكواكب تبعاً لقوانين حركة الكواكب، وهذا يعني أن الحلقات لا تدور كجسم صلب حول الكوكب بحيث تكون كل الجسيمات فيه تتحرك بسرعة ثابتة. ويمكن تفسير هذه الحلقات بأن هناك منطقة معينة على بعد من الأجسام ذات الكتلة العالية تسمى حدود روش يحدث عندها اتزان بين قوة الجذب وقوة المد (التي تساعد على هروبها).

من الواضح أن كلا من كوكبي المشتري وزحل وأقمارهما الكثيرة قد أفادا العلم كثيراً حيث



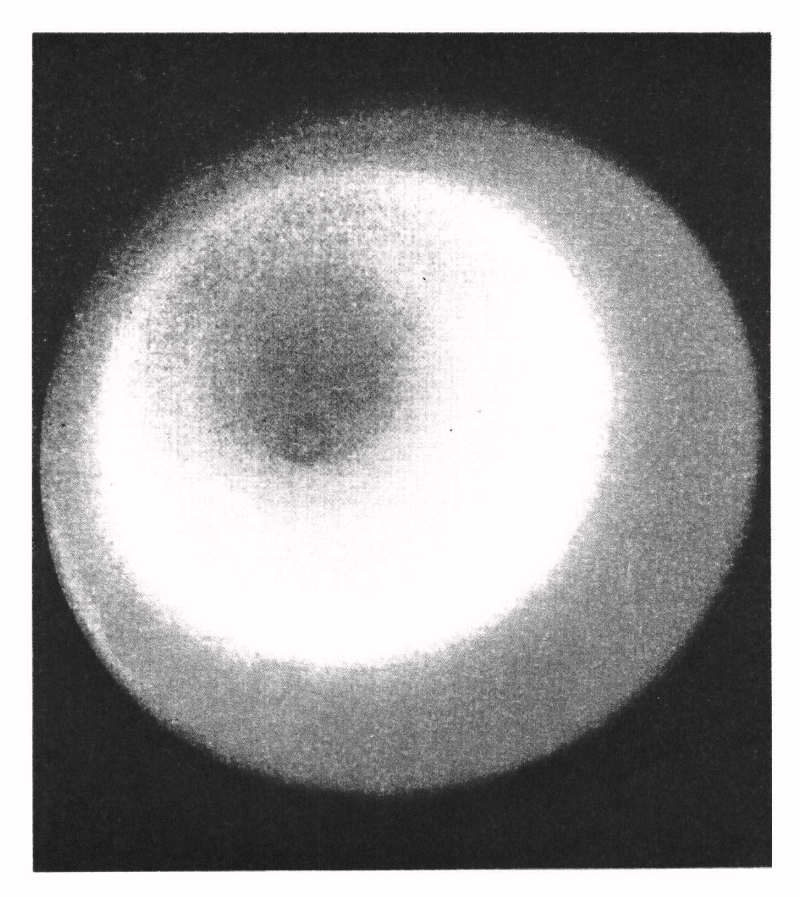
شكل (٨-٣٢) الصورة العليا صورة تخيلية لمركبة فويجر أثناء اقترابها من زحل وحلقاته. الصورة السفلى : مادة الحلقات عن قرب



شاهدنا في هاتين الأسرتين مجموعة من الأسرار سواء فيما يخص الحلقات أو تأثير دورانهما على تركيب الغلاف الجوي وكذلك قوة المجال المغناطيسي وحركة الأقمار داخل هذا المجال، كذلك تعلمنا أنه ليس شرطاً لازماً أن يكون الجسم كبيراً حتى يكون له غلاف جوي، فتيتان له غلاف أكبر من غلاف الأرض رغم صغره في الكتلة والحجم بالنسبة للأرض، وقد نفسر ذلك بأن تيتان بعيد عن الشمس مما يساعد على وجود غلاف جوي له ولكن لماذا هو فقط الذي له غلاف جوي دون بقية أقمار زحل. إننا في حاجة إلى المزيد من المعلومات والدراسات حتى نستطيع فهم الكون من حولنا بشكل أدق وأعمق.

الكوكب أورانوس

شبيه العملاقين



شكل (٨-٣٣) الكوكب أورانوس

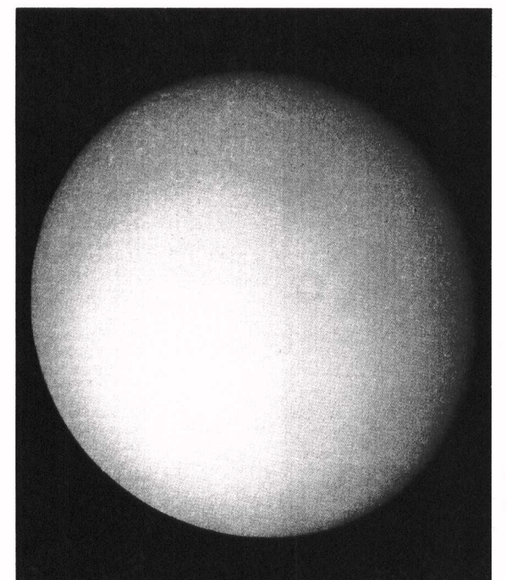
لم يتم اكتشاف أورانوس إلا بعد اكتشاف التلسكوبات في أواخر القرن الثامن عشر رغم أنه يمكن أن يرى بالعين المجردة ولكن بشيء من الصعوبة. إنه يبعد عن الشمس بمسافة مقدارها ٢٠ وحدة فلكية أي أنه يقع في وسط المجموعة الشمسية مباشرة، وهذا يعني أن الدائرة التي تضم المجموعة الشمسية بكاملها يشغل نصفها الداخلي الشمس وحولها الكواكب حتى أورانوس والنصف الثاني من الدائرة يشغله فقط الكواكب الثلاث الأخيرة ، ويتم أورانوس دورته حول الشمس في ٨٤ سنة أرضية ويدور حول نفسه في ١٧ ساعة فهو بذلك أسرع دورانا من الأرض حول نفسها. يميل مستوى دوران الكوكب حول نفسه على مداره حول الشمس بزاوية مقدارها ٩٨ درجة وهذا يعني أن قطبه الشمالي يتجه لأسفل وقطبه الجنوبي يتجه لأعلى ولذلك فإن الكوكب يتحرك بطريقة غريبة وكذلك فإن فصول السنة تأخذ شكلاً عجيباً جداً، حيث يتجه قطبه الجنوبي حالياً ناحية الشمس، وقد لوحظ أن حلقات كوكب أورانوس وكذلك الأقمار التي تدور حوله كلها تأخذ نفس الميل واتجاه الحركة وهذا أمر محير يصعب تفسيره ، ما الذي حدث لكوكب أورانوس ليتحرك بهذا الشكل الغريب هو وأقماره وحلقاته؟ ويميل مداره حول الشمس على دائرة البروج بزاوية أقل من الدرجة الواحدة، ويظهر الكوكب بشكل مفلطح وذلك لسرعة دورانه حول نفسه وكتلته تزيد عن ١٤ كتلة أرضية وكثافة مادته أقل قليلاً من كثافة المشتري المتوسطة ولكنه أعلى بلاشك في الكثافة من زحل، درجة الحرارة عليه تبلغ ٧٦ درجة مطلقة مما يؤكد اننا دخلنا إلى عالم الثليج، أما عاكسيته فتشبه قيمتها في المشتري وزحل وعدد اقماره خمسة عشر قمراً اكتشف عشرة منها بواسطة رحلة الفضاء فويجر ٢ التي وصلت إليه وإلى كوكب نبتون.

المحور الكبير	٢٢ر١٩ وحدة فلكية
أقرب مسافة	٣١ر١٨ وحدة فلكية
أبعد مسافة	١٣ر٢٠ وحدة فلكية
مقدار الاستطالة	٤٦٠ر٠
السنة	٠١ر٨٤ سنة
ميل المدار	٠° ٤٦´ ٢٣´´
اليوم	١٧ س ١٤ ق
ميل المحورين	٩٧° ٥٢´
القطر المتوسط	٩٧ر٣ قطر أرضي
القطر القطبي	٩٢ر٣ قطر أرضي
القطر الاستوائي	٠٢ر٤ قطر أرضي
الكتلة	٥٤ر١٤ كتلة أرضية
الكثافة	٢٧ر١ جم/سم٣
قوة الجاذبية	٨٩ر٠ جاذبية أرضية
سرعة الهروب	٢ر٢١ كم/ث
درجة الحرارة	٧٦ كيلفن
العاكسية	٥ر٠
عدد الأقمار	١٥

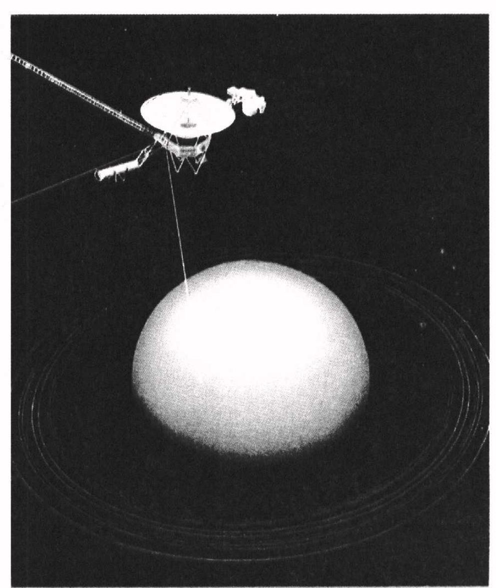
جدول (٨-١٢) الخواص العامة لأورانوس

الغلاف الجوي والتركيب الداخلي:

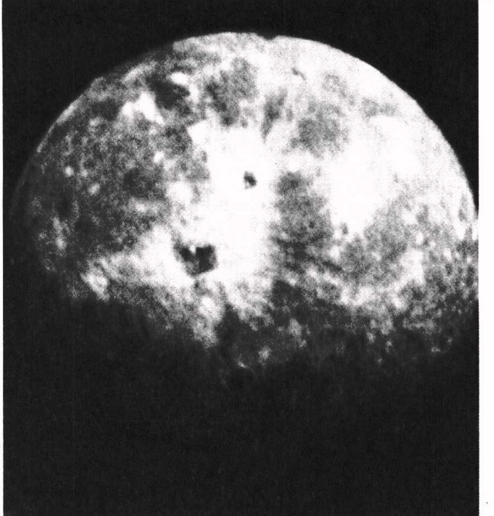
الغلاف الجوي لأورانوس يشبه في تركيبه الغلاف الجوي للمشتري وزحل فهو يتكون من جزيئات الهيدروجين والهيليوم والميثان، ويغطي الميثان الطبقات العليا من غلاف أورانوس ولذلك فهو يبدو بلون أزرق لامع لا نستطيع أن نميز عليه الطبقات التي لاحظناها على كل من المشتري وزحل، بينما في حالة المشتري وزحل توجد غازات تعلو غاز الميثان ولذلك يظهران بألوان أخرى . ويوجد نظام دوران الهواء على أورانوس كما هو الحال في المشتري وزحل مما يدل على أن أشعة الشمس تصل إلى هذا



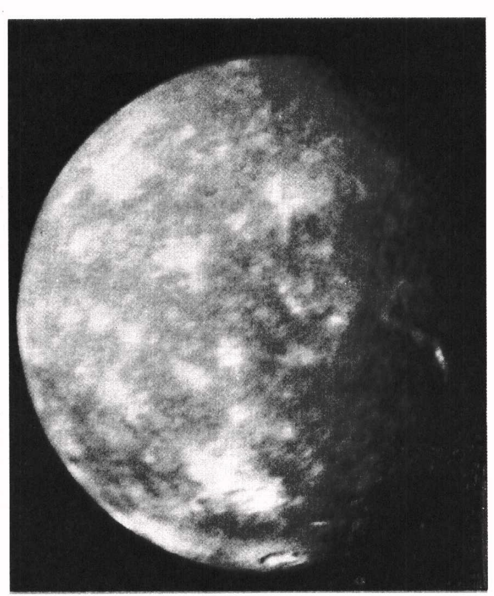
شكل (٨-٣٤) الكوكب أورانوس كما صورته فويجر في عام ١٩٨٦ ، حيث كان قطبه موجهاً في اتجاه الشمس.



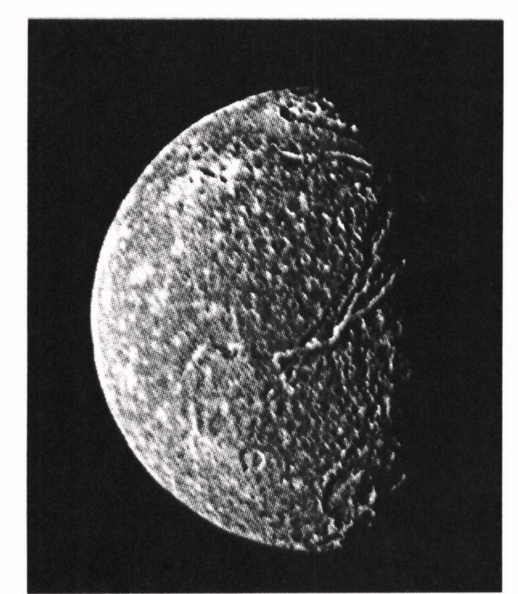
شكل (٨-٣٥) مركبة فويجر أثناء اقترابها من أورانوس



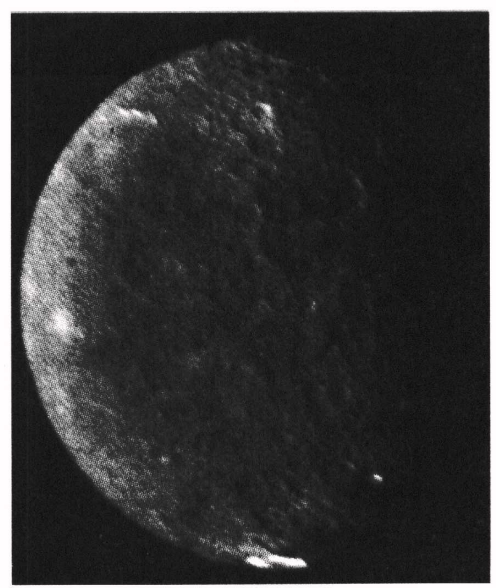
شكل (٨-٣٦) ابرون Oberon اخر قمر من الأقـمـار الخـمـسـة الكبـيـرة لكوكب اورانوس



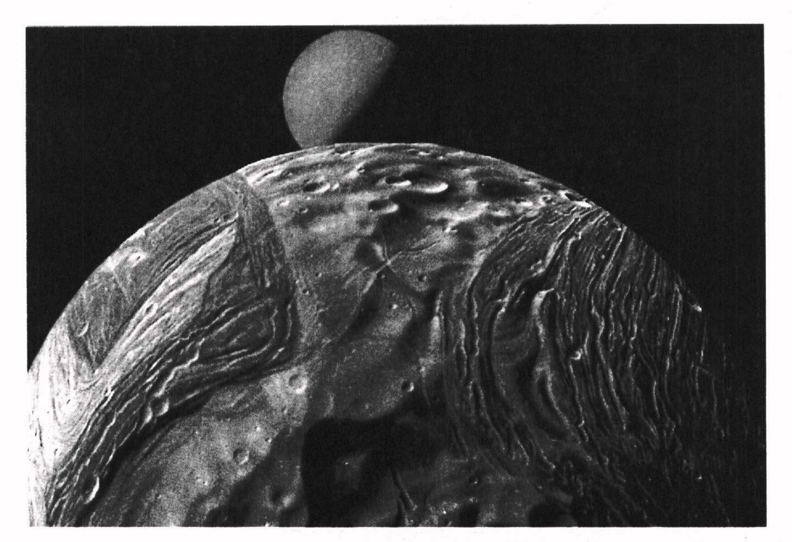
شكل (٨-٣٧) تيـتـانيـا Titania وهو سابق لأوبرون في الترتيب وهو من الأقمار الكبيرة لأورانوس

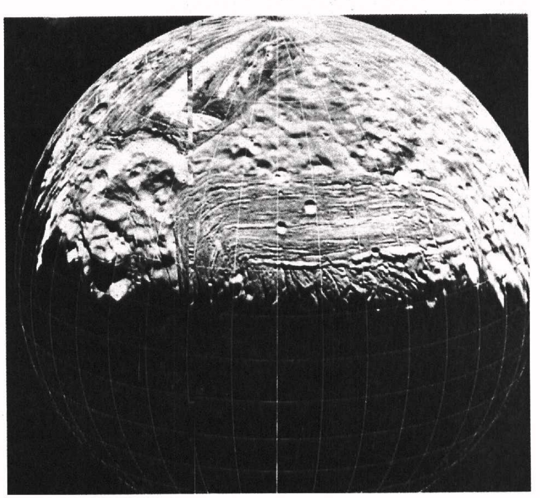


شكل (٨-٣٨) القمر أريل Ariel ويوجد عليه نشاط جيولوجي حيث يظهر بسطح لامع بسبب وجود ثلج حديث مما يعني أن هناك مواداً تخرج من باطنه

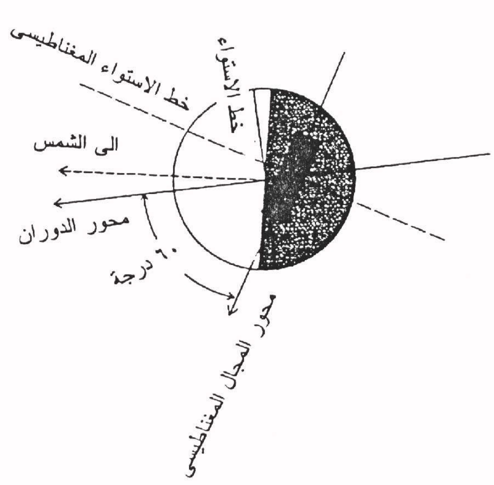


شكل (٨-٣٩) القمر أمبريل Umbriel وهو رقم ثلاثة في الأقمار الكبيرة لأورانوس





شكل (٨-٤٠) القمر ميراندا، وهو أصغر الأقمار الخمسة الكبيرة لأورانوس كما أنه أقربها للكوكب.
الصورة العليا منظر طبيعي والسفلي صممت بواسطة الكومبيوتر



شكل (٨-٤١) المجال المغناطيسي لأورانوس . ومركز المجال المغناطيسي منحرف عن مركز الكوكب كما توجد زاوية كبيرة (٦٠ درجة) بين محوري الدوران والمجال المغناطيسي

الكوكب البعيد وتؤثر على غلافه فيتحرك بفعل ما يمتصه من طاقة من الشمس وتحت تأثير دوران الكوكب، فنجد لذلك أن الغلاف مقسم إلى سحب ترتفع لأعلى وأخرى تنزل لأسفل ، ولكن الغلاف الجوي يبدو متجانساً بحيث يصعب تمييز الطبقات، ويتكون الكوكب من عدة طبقات . الطبقة الداخلية صخرية وهي في حجم الأرض وتليها طبقة ثلجية وتعلوها طبقة من الهيدروجين والماء في حالة سائلة. كما أنه يوجد في أسفل الغلاف الجوي طبقات ثلجية من الميثان والأمونيا.

الأقمار والحلقات:

يمكن تقسيم أقمار أورانوس إلى مجموعتين الأولى ٥ أقمار كبيرة نسبياً وهي التي رصدت بالتلسكوبات الأرضية و١٠ أقمار صغيرة وداكنة تم اكتشافها بواسطة رحلات فويجر، وكل الأقمار تدور حول الكوكب بوجه واحد وأسطح الأقمار معتمة في الغالب وبعض الأقمار موجود داخل منطقة الحلقات .

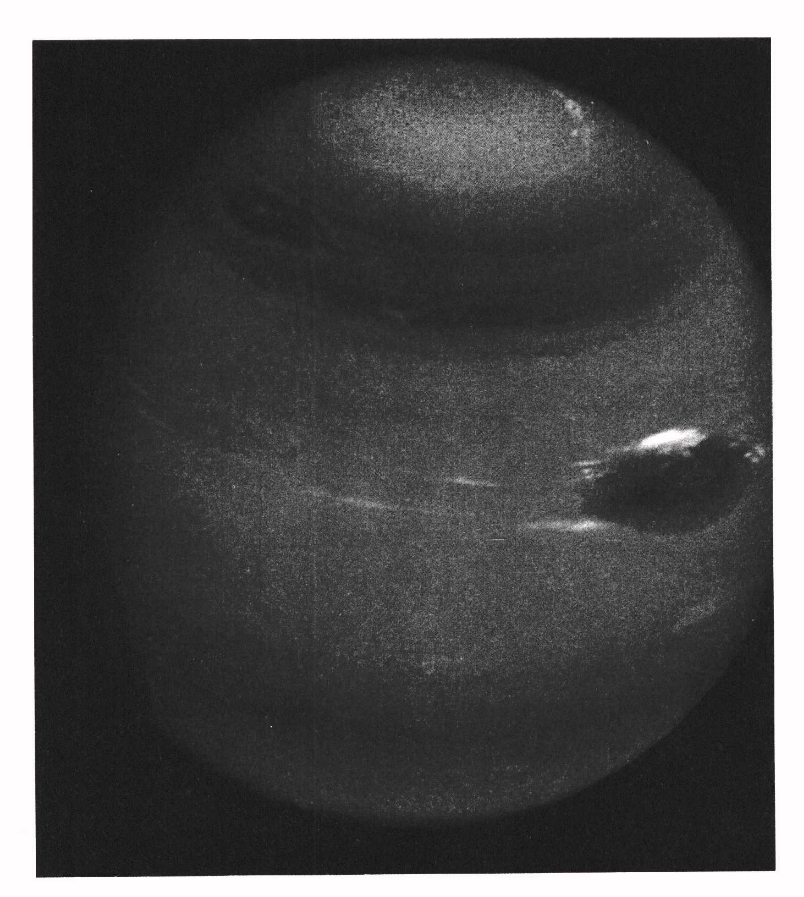
الأقمار الكبيرة لها أقطار تتراوح ما بين ٥٠٠ - ١٦٠٠ كم كالأقمار المتوسطة لزحل . والكثافة على هذه الأقمار تتراوح ما بين ١.٤ - ١.٦جم/سم٣ ويوجد على سطحها طبقة ثلجية ولكن العاكسية عليها ضعيفة جداً ٠.٢ - ٠.٤ مما يؤكد أن سطحها مليء بالشوائب وليس من الثلج الصافي. كما انها مليئة بالفوهات ومن الواضح أن القمرين تيتانيا Titania وأوبرون Oberon [أنظر شكلي: ٨-٣٦ ، ٨-٣٧] يوجد على سطحيهما تشققات أو وديان أما القمرين القريبين لأورانوس وهما آريل

Arial وميراندا Miranda فلهما خواص جيولوجية تستحق الاهتمام. فالقمر أريل والمبين في شكل (٨–٣٨) وقطره ١١٦٠ كم يتميز بوجود طبقات سطحية متعددة تظهر في ودیانه والتي قد تكون ناشئة عن تمدد في قشرته ، كما توجد شواهد على براكين قديمة من الماء على سطحة وفي الغالب تتكون الحمم التي خرجت من براكينه من خليط من الماء والأمونيا أو من أول اكسيد الكربون والميثان. أما القمر ميراندا والمبين في شكل (٨–٤٠) فهو أصغر الأقمار الكبيرة لأورانوس وهو أقربها إليه ونشاطه الجيولوجي محاط بالغموض فسطحة يشبه سطح جانيميد حيث يتكون من فوهات قديمة وعميقة كما تنتشر على سطحه تركيبات صغيرة منها أودية وهضاب فقد شوهد عليه جبال شاهقة ومنحدرات شديدة الميل وبعضها يشير إلى أنشطة جيولوجية متعددة مع وجود مواد مقذوفة إلى سطحه كرد فعل لنشاط داخلي. وليس من المفهوم كيف تحدث هذه الأنشطة على مثل هذا القمر الصغير.

أما حلقات أورانوس فإنها رفيعة كما هو الحال على كوكب المشتري . وتتميز بأنها تتكون من أحجار حجمها في حدود المتر بينما حلقات زحل تتكون من أحجار ذات أبعاد مختلفة ، ويمكن تفسير ذلك بأن الأحجار الصغيرة التي كانت موجودة في أورانوس قد هربت من الحلقات وبالتالي تبقت فقط الأحجار الكبيرة، وعدد حلقات أورانوس ١١ حلقة .

ولأورانوس مجال مغناطيسي مقارب في قوته للمجال المغناطيسي على الأرض ولكن مركز المجال المغناطيسي على أورانوس بعيد عن مركز الكوكب كما هو مبين في جدول (٨–١٠) وشكل (٨–٤١) ، كما يميل محور المجال المغناطيسي على محور الدوران بزاوية ٦٠ درجة وهذا شيء غير مفهوم.

كوكب نبتـــون
آخر الكواكب العملاقة



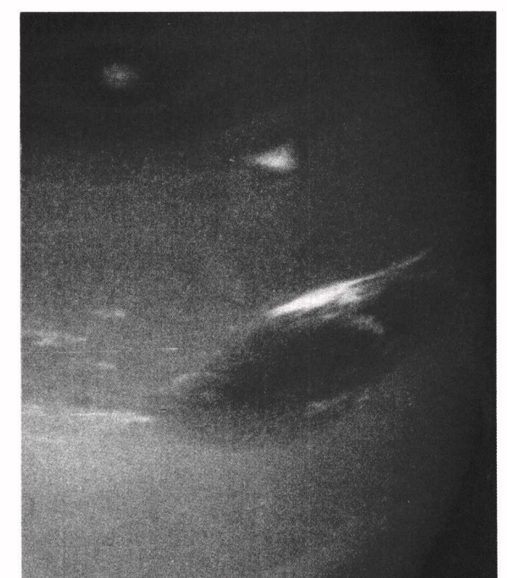
شكل (٨-٤٢) كوكب نبتون

كوكب نبتون خافت بحيث لايمكن رؤيته بالعين المجردة ، وقد تم حساب موقعه أولا بالحسابات ثم رصد بعد ذلك مما يعد انتصاراً لعلم الميكانيكا السماوية ، وقد ظل كوكب نبتون من الكواكب الغامضة حتى بدأت رحلات الفضاء حيث أمكن دراسته عن قرب. وبينما يبدو كوكب أورانوس أملس ، فإن كوكب نبتون تظهر عليه بقع لامعة وأخرى زرقاء داكنة بسبب حركة الهواء إلى أعلي و إلى أسفل ، وسحبه تتحرك بحيث تظهر فيه الطبقات بما يشبه الكوكبين العملاقين، ولكن اللون العام أزرق كما هو الحال في أورانوس والسبب هو غاز الميثان أيضا ٠ ومن الواضح أن الغلاف الجوي لنبتون في حالة حركة بحيث يمكن مشاهدة بعض مظاهر الطقس عليه ٠ والسبب في ذلك أنه يرسل أكثر مما يستقبل من حرارة كما هو الحال في المشترى وزحل بل إنه يشع بشكل أقوى إذا ماقارنا نسبة الكتل ٠ وذلك على عكس كوكب أورانوس الذي لا يشع حرارة من باطنه، والطبقة الخارجية من غلاف نبتون شفافة كما تظهر على الكوكب بقعة كبيرة غامقة مثل البقعة الكبيرة الحمراء الموجودة على كوكب المشترى ، ويبدو أن هذه البقعة ناشئة عن عواصف ثابتة في ذلك المكان ٠

المحور الكبير	١١ر٣٠ وحدة فلكية
أقرب مسافة	٨٥ر٢٩ وحدة فلكية
أبعد مسافة	٣٧ر٣٠ وحدة فلكية
مقدار الاستطالة	١٠ر٠
السنة	٧٩ر١٦٤ سنة
ميل المدار	١° ٤٦´ ٢٢″
اليوم	١٦ س ٣ ق
ميل المحورين	٢٩° ٣٤´
القطر المتوسط	٨٦ر٣ قطر أرضي
القطر القطبي	٨٣ر٣ قطر أرضي
القطر الاستوائي	٨٩ر٣ قطر أرضي
الكتلة	١٥ر١٧ كتلة أرضية
الكثافة	٧ر١ جم/سم٣
قوة الجاذبية	١٣ر١ جاذبية أرضية
سرعة الهروب	٥ر٢٣ كم/ث
درجة الحرارة	٧٤ كيلفن
العاكسية	٥ر٠
عدد الأقمار	٨

جدول (٨-١٣) كوكب نبتون

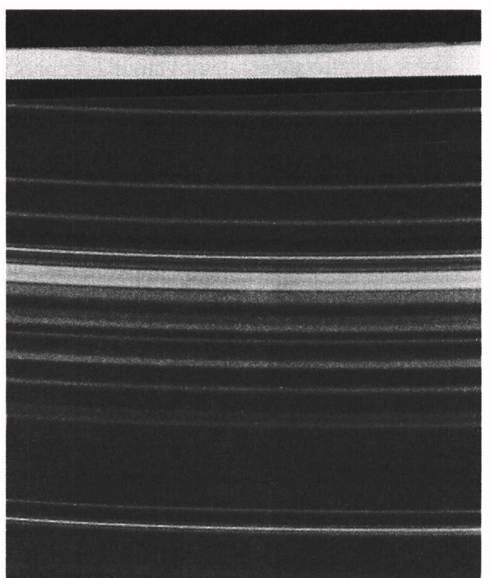
وتوجد كذلك بقع أصغر لامعة وداكنة تتحرك على الكوكب ٠ وللكوكب مجال مغناطيسي يميل بزاوية مقدارها ٥٥ درجة على مستوى الدوران بينما يميل المجال المغناطيسي لكوكب أورانوس بزاوية مقدارها ٦٠ درجة على مستوى دورانه حول نفسه كما هو مبين في جدول(٨-١٠)٠ يبعد نبتون أكثر من ٣٠ وحدة فلكية عن الشمس ولذلك فهو يحتاج إلى حوالي ١٦٥ سنة كي يتم دورة كاملة حول الشمس ، أي أن الأرض تتم ١٦٥ دورة حول الشمس في فترة دورانه هو مرة واحدة حول الشمس . يميل مداره حول الشمس على دائرة البروج بأقل من درجتين أما الزاوية بين مستويي دورانه حول نفسه وحول الشمس فتبلغ حوالي ٢٩.٥ درجة . يدور نبتون حول نفسه بسرعة أكثر من كوكب أورانوس فيومه حوالي ١٦ ساعة ويعاني الكوكب من التفلطح مما يعني أن الكواكب شبيهة المشترى سريعة الدوران حول نفسها وهي لذلك مفلطحة في شكلها. ورغم أن نبتون يأتي بعد أورانوس إلا أنه يزيد عنه في الكتلة والكثافة ، أما درجة الحرارة والعاكسية فمشابهتان لقيمتهما على أورانوس . ولكوكب نبتون ثمانية من الأقمار ، وكما هو الحال بالنسبة لأقمار أورانوس فإن ستة من أقمار نبتون رصدت بواسطة رحلة الفضاء فويجر٢ أما بواسطة



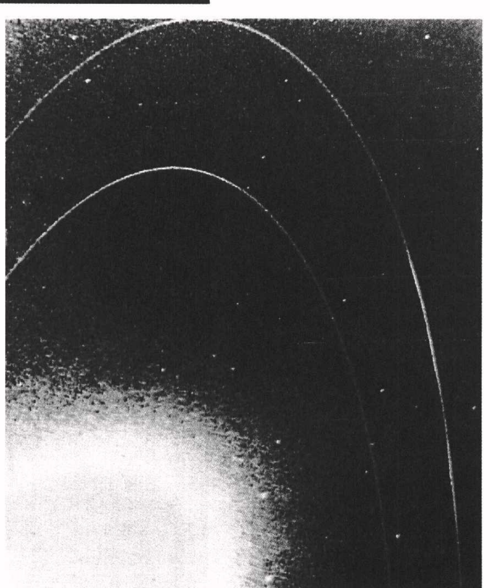
شكل (٨-٤٣) يظهر في غلاف نبتون بقعة زرقاء كبيرة كالبقعة الحمراء الكبيرة على المشتري، وهي أيضاً وحيدة وثابتة في المكان.

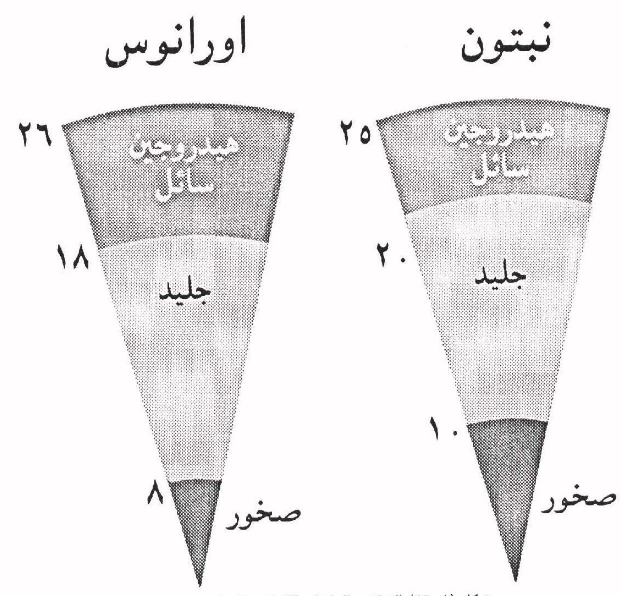


شكل (٨-٤٤) توجد سحب بيضاء في غلاف نبتون ولذلك فهو أشبه بالعملاقين ومختلف عن أورانوس الذي يظهر بلون أملس.

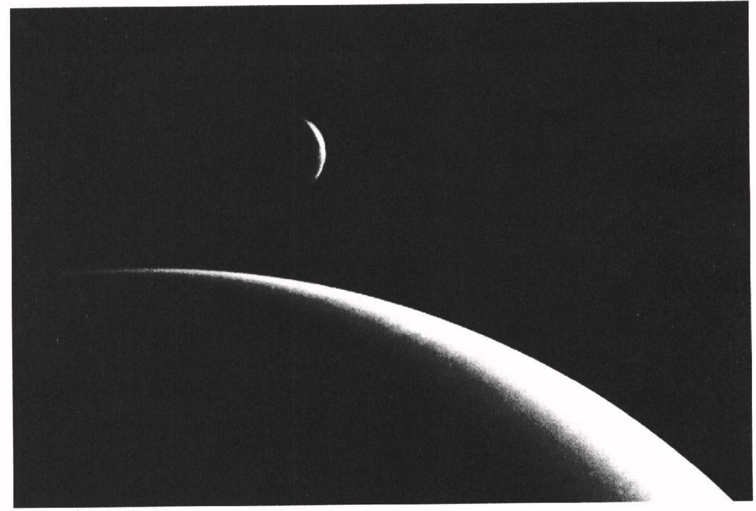


شكل (٨-٤٥) الصورة العليا : حلقات نبتون، والصـــورة الســفلى : منظر تفـــصــــيلي للحلقات

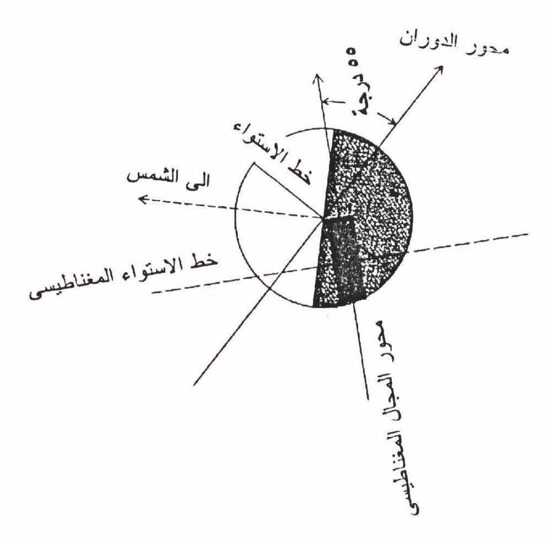




شكل (٨-٤٦) التركيب الداخلي للكوكبين اورانوس ونبتون .
الأرقام على الشمال تمثل ارتفاعات الطبقات المختلفة مقاسة بالألف كم



شكل (٨-٤٧) منظر رائع لنبتون وأكبر أقماره تريتون وهما في شكل اهله



شكل (٨-٤٨) المجال المغناطيسي لنبتون . ومركز المجال المغناطيسي منحرف عن مركز الكوكب كما توجد زاوية كبيرة (٥٥ درجة) بين محوري الدوران والمجال المغناطيسي

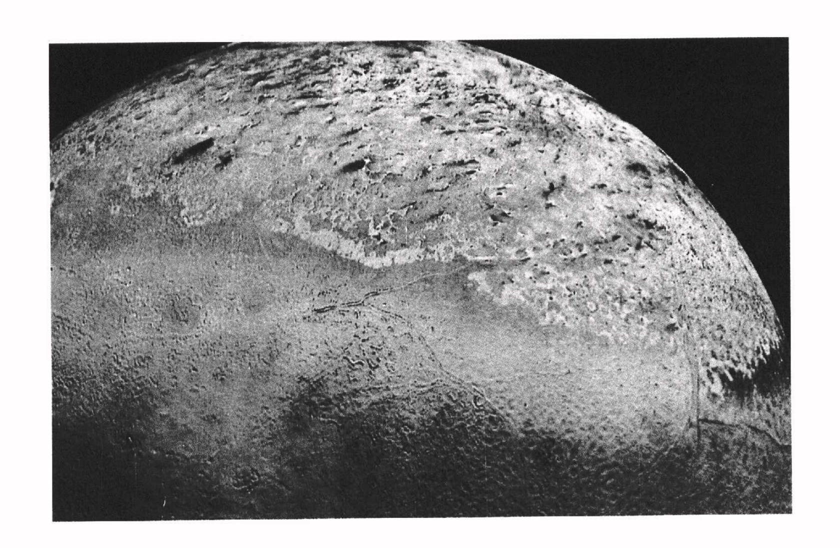
التلسكوبات فلم نر سوى قمرين وهما نيريد وتريتون . التركيب الداخلي لنبتون يشبه تركيب أورانوس إلا أن لبه الداخلي اكبر سمكا من اللب في أورانوس إذ يبلغ سمك اللب في نبتون حوالي ١٠ آلاف كم.

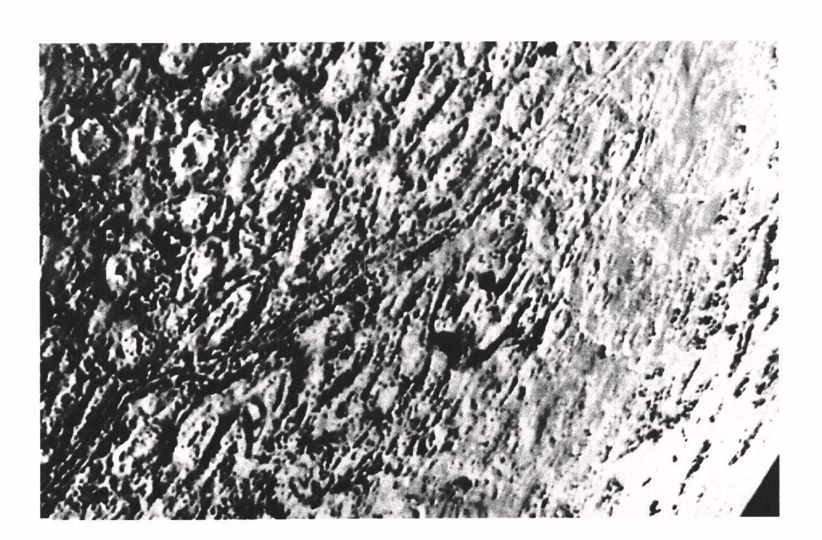
حلقات وأقمار نبتون:

قد تم من خلال رحلة فويجر٢ التي وصلت إلى نبتون عام ١٩٨٩ م إكتشاف ٦ أقمار أخرى ليصبح عدد أقماره ثمانية ، وكل هذه الأقمار المكتشفة تدور حول الكوكب بشكل طبيعي كما أنها صغيرة في الحجم و قريبة من الكوكب ، على عكس القمر نيريد والذي يبعد عن نبتون بمسافة تعادل ١٤ مرة مثل نصف قطر الكوكب . ستة من أقمار نبتون تظهر بشكل وخواص مشابهه لبقية الأقمار في المجموعة الشمسية واثنين من أقماره يتميزان بخصائص عجيبة فالقمر تريتون له غلاف جوي ويدور حول الكوكب بشكل تراجعي بينما القمر نيريد بعيد وهو صغير جدا ، كما أنه يسير في مدار شديد التفلطح بحيث أن النسبة بين أصغر وأكبر بعدين له عن الكوكب تقدر بحوالي ٠٥/١.

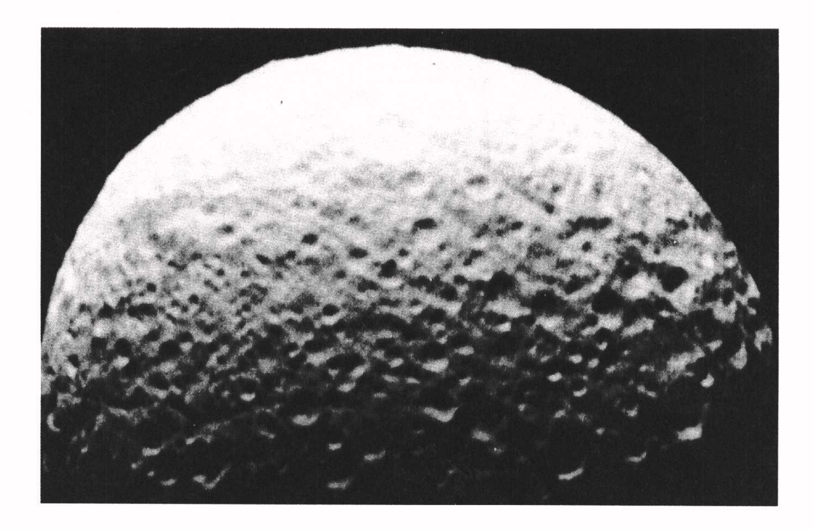
القمر تريتون:

هو أخر الأقمار الكبيرة في المجموعة الشمسية وتبلغ كتلته ٠.٣ من كتلة قمرنا ويتحرك تريتون

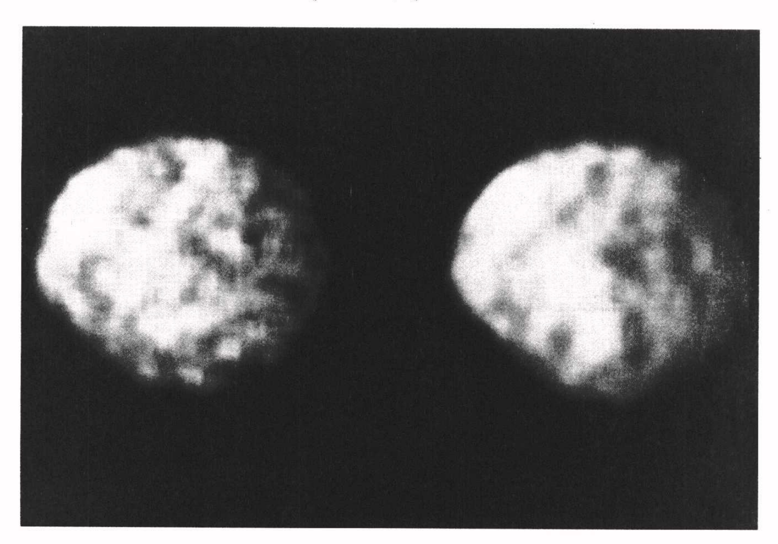




شكل (٨-٤٩) الصورة العليا لتريتون وسطحه مغطي بطبقات ثلجية والصورة السفلى منظر مكبر لسطح تريتون



شكل (٨-٥٠) القمر N1 وهو من الأقمار الستة التي تم اكتشافها في رحلة فويجر ٢ ، وجميعها أقمار صغيرة



شكل (٨-٥١) القمر N2 وهو الثاني في الأقمار الستة المكتشفة بواسطة فويجر ٢ . ويبلغ قطره ٢٠٠كم وشكله غير منتظم شأنه في ذلك شأن أغلب الأقمار الصغيرة

حركة تراجعية حول نبتون ويتشابه حجم القمر تريتون مع الكوكب بلوتو كما يتشابها في الكثافة المتوسطة ٢.١ جم /سم٣ مما يشير الى تشابههم في التركيب الداخلي (٧٥٪ مادة صخرية + ٢٥٪ ثلج الماء) . ويظهر سطح تريتون كطبقة ثلجية حديثة ذات عاكسية عالية تبلغ حوالي ٨ر ، والثلج المكون لسطح تريتون عبارة عن خليط من H2O , C H4 والنيتروجين N2 وجميعها في حالة تجمد لانخفاض درجة الحرارة على تريتون والذي يعكس سطحه أغلب مايسقط عليه من أشعة الشمس لذلك تظل درجة الحرارة عليه منخفضة حيث تبلغ على سطحه مابين ٣٥ - ٤٠ درجة مطلقة وعند هذه الحرارة المنخفضة تتجمد أغلب المواد فيما عدا كمية قليلة من النيتروجين والموجودة في حالة غازية مكونة الغلاف الجوي الرقيق لتريتون . ومن المدهش حقا أنه توجد سحب تتحرك في غلافه الجوي . ودراسة تفاصيل سطحه توضح أن له تاريخاً طويلاً من التطورات الجيولوجية فتوجد عليه فوهات ناشئة من ارتطام الشهب بسطحه كما توجد مناطق تحركت فيها المواد المنصهرة من باطنه لتحدث على سطحه طرقاً وقنوات وبحيرات كما توجد عليه جبال تشبه جبال القمر جانيميد.

وتوجد قبعة ثلجية تغطي معظم النصف الجنوبي من القمر تريتون والتي تتبخر في اتجاه القطب الشمالي . وتتكون قبعة الثلج من النيتروجين المتجمد وعند تبخر قبعة الثلج تخرج المادة في شكل نافوره جبارة وبشكل مدهش إلى ارتفاع ١٠ كم فوق السطح مكونه مايعرف ببراكين الثلج !! وهذه البراكين تختلف عن براكين القمر IO بأن براكين الثلج لاتأتي من نشاط في باطن القمر تريتون ولكن من تسخين الشمس لسطحه . ولكن من المدهش حقا أن توجد براكين علي تريتون تخرج منها غازات متجمدة ،فهي لذلك تعد ظاهرة أو قل لغزاً مثيراً على هذا القمر البعيد ، بعد الاقتراب من تريتون بواسطة مركبة الفضاء فويجر ، حصلنا على معلومات مدهشة عن هذا القمر بحيث يعد هو والقمرين IO وتيتان من أكثر أقمار المجموعة الشمسية إثارة وتشويقا.

ومن الواضح أنه نشط جيولوجيا حيث إنه توجد عليه براكين كما ذكرنا آنفاً، وبذلك يمكننا القول إن الأرض والقمرين IO و تريتون هي فقط الأجسام التي تحتوي على نشاط جيولوجي مستمر حتى الآن ، كما لوحظ وجود حفر مستديرة وتشققات مما يدل علي أن القشرة الخارجية قد تكسرت وتزحزحت عن مكانها الأصلي بواسطة قوة داخلية و الغلاف الجوي لتريتون رفيع جدا بحيث إن الضغط عند سطحه يعادل حوالي ١٠-٥ من قيمة الضغط على سطح الأرض .

لايوجد حول تيتان مجال مغناطيسي، ورغم ذلك يظهر عليه شفق كالشفق القطبي، والسبب في ذلك هو وصول شحنات من أحزمة المجال المغناطيسي للكوكب نبتون، أما حلقات نبتون فهي موجودة بشكل كامل حول الكوكب ولكن الحلقات معتمة بحيث يصعب رؤيتها وهي عبارة عن ثلاثة حلقات رفيعة بالإضافة لنطاق من الحبيبات والتي تمتد بالقرب من الكوكب. وبعض الأقمار التي اكتشفت حديثا موجودة داخل نطاق الحلقات. ومن الواضح أن حلقات نبتون تتكون من حبيبات صغيرة ليخالف بذلك أخاه السابق أورانوس ، وهكذا فإن معلوماتنا عن الكوكب نبتون وأقماره قد ازدادت ، وستظل رحلات الفضاء تؤدي لاكتشاف ما لم نتصور أن نعرفه عن هذه الكواكب البعيدة .

ملخص :

١- الكواكب شبيهة المشتري عالم بدائي لم يتغير كثيرا عن وقت نشأته .
٢- الكواكب شبيهة المشتري عالم من الثلج والمواد المتجمدة .
٣- يتميز كوكب المشتري بما يلي :
أ- أكبر الكواكب .
ب- اقصرالكواكب في طول يومه وأسرعهم في الدوران حول نفسه .
ج- له أكبر مجال مغناطيسي في الكواكب .
د- يدور حوله أربعة من الأقمار الكبيرة في المجموعة الشمسية .
و- توجد في غلافه بقعة حمراء كبيرة .
ي- له حلقة رفية معتمة .
٤- يتميز كوكب زحل بما يلي :
أ- له أكبر الحلقات سمكا ولمعانا حيث أن حلقاته من ثلج الماء .
ب- يدور حوله أكبر عدد من الأقمار.
ج- هو أقل الكواكب من حيث الكثافة المتوسطة .
د- يشبه المشتري في أغلب صفاته
٥- كوكب أورانوس وهو في وسط المجموعة الشمسية من حيث البعد عن الشمس كما أنه أول كوكب يتم اكتشافه بالتلسكوبات ويتميز بما يلي:
أ- أقل الكواكب العملاقة في الكتلة
ب- الزاوية بين محوري أورانوس تزيد عن ٩٨° ولذلك فإنه يتحرك بميل كبير وقطبيه في اتجاه معاكس لاتجاه القطبين في بقية الكواكب .
ج- لا يشع من داخله كما تفعل الكواكب العملاقة .
د- أقماره ما بين صغيرة ومتوسطة .
٦- كوكب نبتون أكبر من أورانوس في الكتلة وأعلي منه في الكثافة ويشع من داخله أكثر مما يكتسب من الشمس ويتميز ببقعة زرقاء كبيرة وداكنة تشبه في خواصها البقعة الحمراء الكبيرة علي المشتري .
٧- القمر تيتان يعد ثاني أكبر أقمار المجموعة الشمسية وهو تابع لزحل .
٨- الغلاف الجوي لتيتان ١٠ أمثال الغلاف الجوي للأرض من حيث العمق .
٩- جانيميد هو أكبر الأقمار في المجموعة الشمسية وحول المشتري .
١٠- القمر IO يتميز بنشاطه الجيولوجي القوي .
١١- يدور حول نبتون أحد الأقمار الكبيرة في المجموعة الشمسية وهو القمر تريتون.

تابع الملخص

١٢- توجد براكين ثلجية علي تريتون وهو نشط جيولوجيا كما توجد عليه قبعات ثلجية كتلك التي علي المريخ .

١٣- يوجد تشابه بين القمر تريتون والكوكب بلوتو من حيث التركيب الداخلي.

١٤- جميع الكواكب العملاقة تدور حولها حلقات . سمك الحلقات أكبر ما يمكن في زحل وأقلها سمكا تلك التي تدور حول المشتري .

أسئلة الباب الثامن

١- قارن بين الكواكب شبيهة المشتري من حيث :
التركيب الداخلي - الغلاف الجوي - المجال المغناطيسي
٢- يمكن تمييز كل كوكب بصفات تميزه عن غيره . بين ذلك
٣- كيف نفسر البقعة الحمراء الكبيرة علي المشتري ؟
٤- ماسبب اللون الأزرق لكوكب أورانوس ؟
٥- الكواكب العملاقة عالم بدائي . كيف نفهم ذلك ؟
٦- لماذا تتمتع الكواكب العملاقة بنسبة عالية من الهيدروجين ؟
٧- قارن بين أورانوس ونبتون من حيث نقاط الاختلاف .
٨- قارن بين جانيميد وكاليستو وتيتان .

أجب بصح أو بخطأ :

١- المشتري هو أعلي الكواكب العملاقة في الكثافة .
٢- زحل هو أقل الكواكب العملاقة في الكثافة .
٣- يقع أورانوس في وسط المجموعة الشمسية .
٤- يصبح نبتون الكوكب التاسع أحيانا .
٥- لنبتون أكبر عدد من الأقمار في المجموعة الشمسية .
٦- لا يوجد مجال مغناطيسي حول أورانوس .
٧- توجد دوامات هوائية في غلاف نبتون .
٨- كتلة نبتون أكبر من كتلة أورانوس .
٩- أورانوس لونه أزرق بسبب وجود سحب الميثان في غلافه الجوي .
١٠- لا توجد حلقات سوي حول زحل .

اختر أصح الاجابات في كل نقطة مما يلي :

١- سطح كوكب المشتري عبارة عن :
أ- قشرة صلبة　　ب- طبقة من الهيدروجين السائل
ج- طبقة من الهيدروجين المتجمد　　د- غير معلوم

٢- توجد قبعات الثلج علي :
أ- المريخ فقط　　ب- الكواكب شبيهة الأرض
ج- المريخ ونبتون　　د- المريخ وتريتون

٣- جانيميد أكبر في الحجم من :
أ- القمر ب- كاليستو
ج- تريتون د- جميع ماسبق

٤- مادة الحلقات عبارة عن :
أ- غازات ب- أحجار مختلفة الأحجام
ج- بعضها سائل د- مادة ملتهبة

٥- أي العناصر التالية موجود في الأطوار الثلاثة في غلاف تيتان ؟
أ- الميثان ب- الأمونيا
ج- الهيدروجين د- الماء

٦- يختلف حجم الحبيبات في حلقات :
أ- المشتري ب- زحل
ج- أورانوس د- نبتون

٧- أيهم أكبر في الحجم ؟
أ- أورانوس ب- نبتون
ج- بلوتو د- غير معلوم

٨- أي الأقمار التالية أعلي في النشاط الجيولوجي ؟
أ- IO ب- جانيميد
ج- تريتون د- القمر

٩- الأقمار التي لها غلاف جوي هي :
أ- IO ب- تيتان
ج- تريتون د- جميع ماسبق

١٠- أي الأجرام التالية أعلي من حيث الضغط الجوي علي السطح ؟
أ- الأرض ب- المريخ
ج- تيتان د- الزهرة

الباب التاسع

بقية أعضاء المجموعة الشمسية

الباب التاسع
بقية أعضاء المجموعة الشمسية

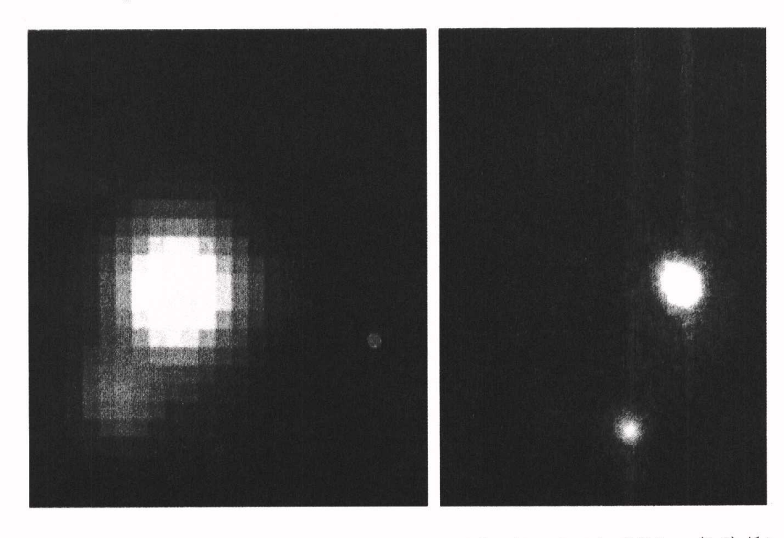
عمل تقويماً فاقت دقته التقويم الجيروجيري
بكثير. عمر الخيام (ولد سنة ١٠٤٤ ميلادية).



شكل (٩-١) صورة لأحد المذنبات

بلـــوتو
آخر كواكب المجموعة الشمسية

يعتبر كوكب بلوتو حالة خاصة فهو لا يندرج تحت الكواكب شبيهة الأرض كما أننا لا نستطيع أن نضعه في قائمة الكواكب شبيهة المشترى ، فهو يشبه كلا المجموعتين في بعض الصفات كما أنه يعتبر وحيدا في بعض خواصه ، ويبعد بلوتو عن الشمس بمسافة ٤٠ وحدة فلكية ويدور حول الشمس في ٢٤٨ر٥ سنة أرضية ٠ إن مداره شديد التفلطح أكثر من غيره ولذلك فإنه يكون أقرب من نبتون عندما يكون في أقرب نقطة من الشمس في مداره. وفي الحقيقة فإن بلوتو يعتبر الكوكب الثامن من حيث البعد منذ ١٩٧٩م وحتى عام ١٩٩٩م ٠ ومداره يميل بـ١٧ درجة على دائرة البروج لينفرد بهذه الخاصية وحده . ولبلوتو غلاف جوي يحتوي على الميثان وأول أكسيد الكربون أو نيتروجين ، ومن المتوقع أن يتحول الغلاف الجوي إلى ثلج عندما يكون بلوتو عند أبعد نقطة من الشمس . يدور بلوتو حول نفسه في فترة ٦ر٣٩ يوم من أيام الأرض وله قمر واحد يسمى شارون يعتبركبيرا بالنسبة لكتلة الكوكب نفسه ويبدو أنهما يدوران حول بعضهما بوجه واحد ، وفي نفس الزمن السابق ٦ر٣٩ يوم ، كما أن بلوتو يتحرك بشكل تراجعي فالزاوية بين محوري دورانه حول نفسه وحول الشمس تبلغ ١٢٢ درجة ٠ لقد تم اكتشاف كوكب بلوتو في عام ١٩٣٠ ميلادية أما القمر شارون فقد اكتشف في عام ١٩٧٨م فقط ، وفي عام ١٩٨٥م كان بلوتو وقمره في وضع اقتران



شكل (٩-٢) صورة لكوكب بلوتو وقمره شارون كما صورهما تلسكوب هابل وهي أحسن صورة حصلنا عليها حتى الآن.

ومن ثم أمكن تحديد مدار القمر وحجمه وهو يبلغ حوالي نصف حجم الكوكب وهي بلا شك أكبر نسبة يمتلكها تابع. وقد بينت قياسات الطيف أن بلوتو له سطح ثلجي من الميثان (ومن المحتمل أن توجد أيضا طبقات من ثلج الماء) ويبلغ الضغط على سطحه حوالي ١٠-٥ ضغط جوي كما يتركب غلافه الجوي من الميثان والنيتروجين ويحتوي بلوتو على ٧٥٪ من مواد صخرية ومعدنية و٢٥٪ من ثلج الماء ، وترتفع درجة الحرارة على سطح الكوكب عندما يكون في أقرب نقطة في مداره إلى ٦٠ درجة مطلقة ومن المتوقع أن تنخفض إلى ٤٥ درجة مطلقة عندما يصل إلى أبعد نقطة في مداره ، ولكوكب بلوتو غلاف جوي يحتوي على الميثان والنيتروجين ومن المحتمل أن يوجد في غلافه أيضا بعض أكاسيد الكربون. ومن المتوقع أن يتجمد الغلاف الجوي حينما يكون الكوكب في أبعد نقطة من الشمس . أما سطح شارون فهو مغطي بطبقة من ثلج الماء . وحتى الآن فإن كوكب بلوتو مازال شيئا غامضا لانعرف عنه إلا القليل . ويبين جدول (٩-١) أهم المعلومات عن كوكب بلوتو ، فمداره يميل على مدار الأرض حول الشمس بزاوية تزيد عن سبعة عشر درجة ولذلك فميل مداره هو أكبر ميل نجده بين الكواكب ، ويتضح من الجدول صغر بلوتو من حيث الحجم والكتلة فهو أصغر الكواكب بل إنه أصغر من القمر بكثير والكثافة المتوسطة لبلوتو تبلغ ٢,٠٣ جم/سم٣ ، ولوجود الثلج على سطحه فإن عاكسيته عالية.

المحور الكبير	٣٩٫٤٤ وحدة فلكية
أقرب مسافة	٢٩٫٥٨ وحدة فلكية
أبعد مسافة	٤٩٫٣٠ وحدة فلكية
مقدار الاستطالة	٠٫٢٤٨
السنة	٢٤٨٫٥ سنة
ميل المدار	١٧° ١٠َ ١٢ً
اليوم	٦٫٣٩ يوم
ميل المحورين	١٢٢°
القطر	٠٫١٨ قطر أرضي
الكتلة	٠٫٠٠٢٢ كتلة أرضية
الكثافة	٢٫٠٣ جم/سم٣
قوة الجاذبية	٠٫٠٦ جاذبية أرضية
سرعة الهروب	١٫١ كم/ث
درجة الحرارة	٤٥ كيلفن
العاكسية	٠٫٦
عدد الأقمار	١

جدول (٩-١) بلوتو

لا تقتصر المجموعة الشمسية على الكواكب وأقمارها فقط بل يوجد بها أيضا حولي ١٠٠ ألف كويكب وكم هائل من المذنبات بالإضافة للشهب والنيازك ومادة ما بين الكواكب. وفيما يلي نتكلم بالتفصيل عن كل منها واحدا بعد الآخر.

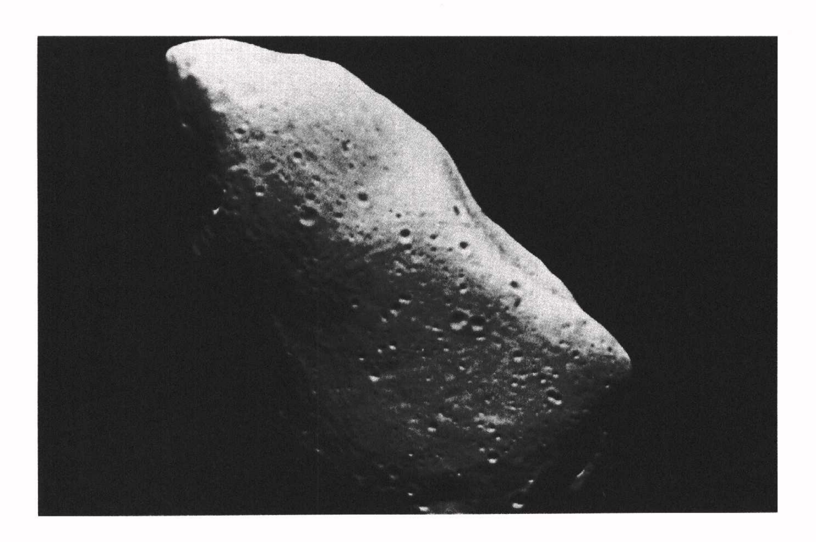
الكويكبـــات

يصل عدد الكويكبات إلى ١٠٠ر٠٠٠ وهي تدور في المنطقة بين كوكبي المريخ والمشترى ، وتتراوح أقطار الكويكبات بين ١٠٠٠ كم و ١٠٠ كم أو أقل من ذلك قليلا ، والكبير منها قد يكون مستديرا بينما تأخذ الكويكبات الصغيرة أشكالا غير منتظمة ، وهي تتركب من مركبات الكربون (٧٥٪) وجزيئات من السليكون (٢٠٪) وبعض العناصر الثقيلة مثل الحديد والنيكل (٥٪) ٠ ومن الواضح أن الكبير منها يقترب من حجم الأقمار ولكن الصغير منها يعتبر كأحجار إذا ما قورن بالكواكب. وتدور الكويكبات حول الشمس تماما كما تفعل الكواكب بحيث أن لكل كويكب مداره الخاص به حول الشمس . ولكن لماذا توجد الكويكبات على هذه الهيئة ؟ ولماذا لم تتجمع لتكون كوكبا كبيرا؟ من الواضح أن ذلك يرجع إلى وقت نشأة المجموعة الشمسية ، حيث تكونت هذه الكويكبات في مكانها بين المشترى والمريخ ، وبفعل جاذبية الكوكبين أرغمت على أن تظل في مكانها تحت توازن قوتي الجاذبية للكوكبين. ولو نظرنا لمواقعها فسنجد أنها بعيدة عن المشترى وقريبة من المريخ مما يؤكد الفكرة السابقة، وهي أن الكويكبات تقع في منطقة توازن الجاذبية للمشترى والمريخ . والحزام الأساسي للكويكبات يقع ما بين ٢,٢ - ٣,٣ وحدة فلكية والمسافة بين كل كويكب والآخر كبيرة إذ تبلغ ٥ مليون كم. ومن المدهش حقا أنهم ليسوا من نفس العمر!! ولكن الغالبية منها قد نشأت مع الكواكب أثناء نشأتها. ورغم أن أغلبية الكويكبات خافتة يصعب رؤيتها إلا أن بعض الكويكبات لها عاكسية عالية. مما يؤكد الإختلاف في تربة أسطح الكويكبات. ولكن الغالبية منها تتكون من مواد كربونية أو سيليكا ، و الكويكبات ذات العاكسية العالية لها سطح من البازلت كما لوكانت ناتجة عن براكين ، والكويكب فيستا أحد الأمثلة لهذه النوعية من الكويكبات ، وتفسير وجود السطح من البازلت أن مثل هذه الكويكبات قد تعرضت لحرارة عالية في وقت نشأة المجموعة الشمسية، ولكن لماذا هذه المجموعة الصغيرة فقط ؟ هذا مالانعرف له إجابة شافية حتي الآن ٠ وهناك إعتقاد سائد بأن الكويكبات تعتبر أحد مصادر الشهب ومن الأشياء المثيرة حقاً أنه قد اكتشفت بعض النيازك التي يعتقد أنها ترجع في أصلها الى اجزاء من الكويكب فيستا حيث أن لها نفس تركيبه ٠

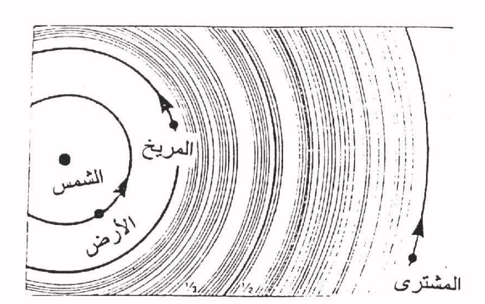
طرق قياس حجم الكويكبات:

إن أحسن طريقة لقياس حجم الكويكبات هي عن طريق قياس الزمن الذي يأخذه حينما يمر أمام نجم ، ويمكن قياس حجم الكويكب بهذه الطريقة عدة مرات للتأكد من أبعاده بشكل جيد ، ولقد أعطت هذه الطريقة قيما دقيقة إلى حد كبير للكويكبات الكبيرة ٠

والطريقة الثانية باستخدام الرادار حيث يتم تصوير الكويكب ، ولكن هذه الطريقة تصلح فقط إذا كان الكويكب قريباً من الأرض ٠ وهناك طريقة ثالثة نجحت في قياس أحجام الكثير من الكويكبات ، حيث يتم مقارنة درجة لمعان الكويكب في الضوء المرئي مع مايرسله من أشعة تحت حمراء ، وفي هذه الطريقة لابد وأن يكون بعد الكويكب معروفاً مسبقاً وبالتالي يتم حساب مقدار مايسقط من أشعة الشمس عليه ، وهذه الكمية الأخيرة تساوي المساحة المقطعية Cross- Sectional area



شكل (٩-٣) جاسبرا وهو أول كويكب يرى من مسافة قريبة بواسطة مركبة الفضاء جاليليو حيث رصد من مسافة ٢٦٠٠كم وطول الكويكب يقدر بحوالي ١٧كم ويدور حول نفسه في ٧ ساعات



شكل (٩-٤) حزام الكويكبات

مضروبة في فيض الأشعة الساقطة ٠ وهناك سؤال مهم : ماهي احتمالات تصادم الكويكبات مع بعضها البعض ؟ وهل من الممكن أن تصطدم مركبات الفضاء بالكويكبات إذا تحركت في حزام الكويكبات أثناء سفرها للكواكب الخارجية ؟ والذي جرنا الى هذا التساؤل هو احتمال أن الكويكبات كانت أكبر من ذلك في الماضي السحيق وقت بداية نشأة المجموعة الشمسية ثم تفتتت بعد ذلك بفعل التصادم مع بعضها البعض حيث يصل قطر بعضها الى ١كم ٠ إذا أخذنا في إعتبارنا أن الكويكبات تشغل منطقة عرضها وحدة فلكية وسمكها نصف وحدة فلكية فهذا يعني انها تشغل حجما مقداره

حجم حزام الكويكبات = ٥ر٣ (وحدة فلكية) ^{٣}

= $١٠^{٢٥}$ كم^{٣}

فإذا كان عدد الكويكبات هو تقريبا $١٠^{٥}$ فإن الحجم الذي يمكن أن يشغله الكويكب الواحد هو $١٠^{٢٠}$ كم^{٣} ٠ ولكي نحسب عدد مرات التصادم بين كويكبين ، نأخذ مثلاً كويكب نصف قطره ٥كم يتحرك بسرعة مقدارها ٤ كم /ث

فإن حجم الفراغ الذي يتحرك فيه يساوي ط × (نصف قطر الكويكب) ^{٢} × سرعة الكويكب

= ٣٠٠ كم / ت = $١٠^{١٠}$ كم^{٣}/ سنة

$$\text{ولذلك فإن معدل التصادم} = \frac{\text{الحجم الذي يمكن أن يشغله الكويكب}}{\text{حجم الفراغ الذى يتحرك فيه}}$$

$$= \frac{١٠^{٢٠}}{١٠^{١٠}} = ١٠^{١٠} \text{سنة}$$

أي أن الكويكب يمكن أن يصطدم مع كويكب آخر كل ١٠ بليون سنة مما يعني ندرة عملية التصادم بين الكويكبات على الأقل في الظروف الحالية ٠ وبالطريقة نفسها يمكن حساب احتمال تصادم مركبة فضاء مع أحد الكويكبات ، بفرض أن مساحة مقطع المركبة = ١٠ م^{٢} = $١٠^{-٥}$ كم^{٢} وسرعتها ٢٠ كم / ث وتأخذ حوالي ستة أشهر كي تخرج من حزام الكويكبات فإنها تقطع في هذا الزمن حجما مقداره ٣١١٠ كم^{٣} ولذلك فإن إحتمال تصادمها مع كويكب هو

$$\text{إحتمال تصادم مركبة مع كويكب} = \frac{٣١١٠}{٢٠١٠} = ٣ \times ١٠^{-١٧}$$

أي أن هناك فرصة للتصادم مرة كل أكثر من مليون بليون سنة مما يعني أن احتمال التصادم بعيد جداً ٠ ومتوسط حدوث تصادم داخل حزام الكويكبات هو

$$\text{مرة كل ١٠٠ ألف سنة} \left(\frac{١٠^{١٠}}{١٠^{٥}} = ١٠^{٥} \text{ سنة} \right)$$

الكويكبات القريبة والبعيدة :

توجد مجموعة من الكويكبات تدور حول الشمس على نفس مدار كوكب المشتري بحيث إن بعضها يسبقه في الحركة في مداره والبعض الآخر يليه ، والمجموعتان السابقة واللاحقة توجدان على مسافتين متساويتين من المشترى . كما تم رصد اثنين من الكويكبات يتحركان في مدارين شديدي الفلطحة بحيث تكون أقرب مسافة في مدار أحدهما قريبة من مدار المشتري وأبعد مسافة له تمتد الى مابعد كوكب زحل والآخر أقرب نقطة في مداره تقع بالقرب من كوكب زحل وأبعد نقطة تقع بالقرب من كوكب أورانوس وكذلك توجد مجموعة من الكويكبات لها مدار مفلطح بحيث تقترب كثيراً من الأرض أثناء حركتها في مدارها ويوجد حوالي ١٠٠ كويكب بهذا الشكل تقترب من الأرض في دورتها حول الشمس . فهل هي كويكبات حقيقية أم أنها مذنبات خافتة وصغيرة بحيث يصعب رؤيتها ؟ هذا مايحتاج إلى دراسات أكثر دقة ورصد بتلسكوبات أعلى كفاءة .

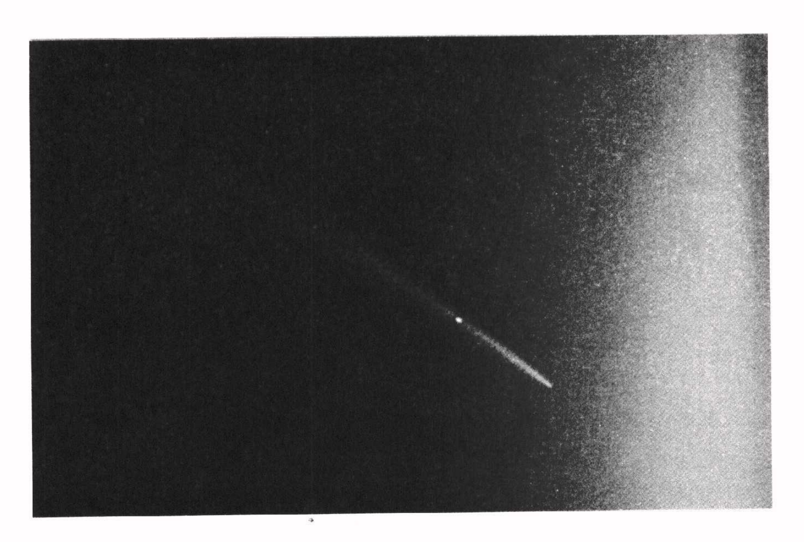
المذنبــات

تعتبر المذنبات من أعضاء المجموعة الشمسية فهي تدور حول الشمس ولكن مداراتها تتميز بأنها شديدة الإستطالة إذا ماقارناها بمدارات الكواكب حول الشمس. ولذلك فهي عند أقرب نقطة في مدارها تكون قريبة جداً من الشمس وفي أبعد نقطة في مسارها تبعد كثيرا بحيث تكون أبعد من زحل أو حتى أورانوس مما يدل على الاستطالة الشديدة في مداراتها حول الشمس . وكما هو واضح من حركة المذنبات فإن مداراتها أشد إستطالة بكثير حتى من مدار بلوتو وهو أكثر مدارات الكواكب إستطالة . ولذلك تقطع مدارات المذنبات مدارات الكواكب وهي في طريقها عند الاقتراب من الشمس . ولقد غمرت مادة ذيل مذنب هالي الأرض في عام ١٩١٠ وهو في طريقه ليدور حول الشمس أما في عام ١٩٨٥ فقد كان هالي بعيداً عن الأرض ، وتقول الحسابات الفلكية إن مذنب هالي سيقترب كثيراً من الأرض حينما يأتي مرة ثانية ليقترب من الشمس في عام ٢٠٦١ ميلادية. ورغم شهرة مذنب هالي إلا أنه ليس المذنب الوحيد من نوعه فهناك العديد من المذنبات التي رصدت ومنها ماهو قصير في دورانه حول الشمس مثل مذنب إنكا حيث أنه يدور حول الشمس في ٣,٣ سنة ومنها ماهو طويل الدورة كمذنب هالي ، ومدارات المذنبات قريبة من مستوى دائرة البروج ، ومن المدهش حقا أن حوالي نصفها يتحرك حول الشمس بشكل تراجعي . ومما لاشك فيه أن قوة جاذبية الكواكب والمشترى بصفة خاصة تؤثر بشكل كبير على مسارات المذنبات. وأحدث مايؤيده الفلكيون أن هناك مصدرين للمذنبات ، فأما المذنبات طويلة الدورة فيحتمل أنها نشأت في سحابة كبيرة تسمى سحابة أورت Oort cloud وهذه السحابة ضخمة ويبلغ قطرها ١٠٠ ألف وحدة فلكية وهي التي يعتقد أن المجموعة الشمسية نشأت داخلها . أما المذنبات قصيرة الدورة فيبدو أنها نشأت من قرص له قطر مابين ٣٠ - ٥٠ وحدة فلكية .

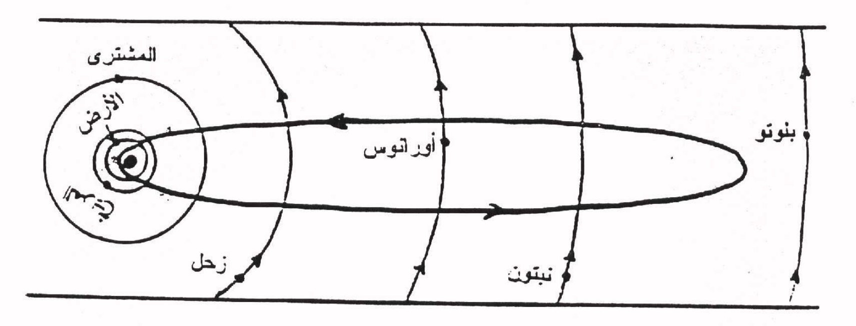
تتركب المذنبات من مادة ثلجية تحتوي على جزئ الماء بنسبة ٨٠٪ وبعض مركبات الكربون والميثان وثاني أكسيد الكربون والميثان كما يحتمل أن تحتوي على جزئ الهيدروجين . والمذنب عبارة عن رأس قطرها ١٠٠ ألف كم وذيل طوله ١٠.٥ بليون كم ، وتتكون الرأس من نواه صلبة وقطرها عدة كيلومترات. وتحيط بالنواة منطقة تسمى الكوما وتحيط بها طبقة تسمى الغلاف كما هو موضح في شكل(٩-٨) . وللمذنب ذيل من الأيونات : CH^+ , CO_2^+ , N_2 , CO^+ بالإضافه إلى ذيل من الغبار . وقد قدرت كتلة النواة لمذنب هالي بحوالي ١٠^١٧ جم أي أن الأرض تعادل ١٠ بليون مرة مثل نواة مذنب هالي وكثافة مادة نواة المذنب ٠.٥ - ١ جم/سم٣ ويغطي النواة مادة داكنة مما يجعلها تمتص أشعة الشمس بكفاءة عالية ولذلك ترتفع درجة حرارة سطح النواة بحيث يتحول الثلج إلى بخار مباشرة . تسير المذنبات في مسارات شديدة الاستطالة (أكثر من أشد مدارات الكواكب استطالة) بحيث إن مدارها يقطع مدارات الكواكب كلها حتى تقترب من الشمس ثم تتباعد لتختفي خلف الكواكب . ويكون اتجاه الذيل في الإتجاه المعاكس للشمس دائما . وحينما تكون المذنبات بعيدة جدا فإنها تكون عبارة عن رأس فقط ثم حينما تقترب من الشمس يظهر الذيل وذلك نتيجة تبخر المادة الثلجية بفعل الحرارة . ويمكن حساب مدارات المذنبات بحيث يمكن معرفة وقت اقترابها من الأرض حتى يمكن رصدها ، وهناك جداول بأسماء المذنبات وموعد مجيئها. ولأن



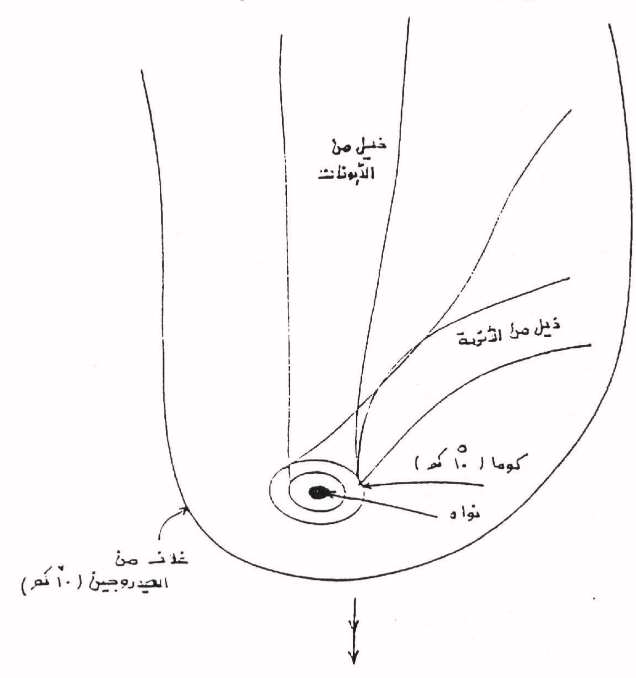
شكل (٩-٥) مذنب هالي



شكل (٩-٦) مذنب كوهوتيك

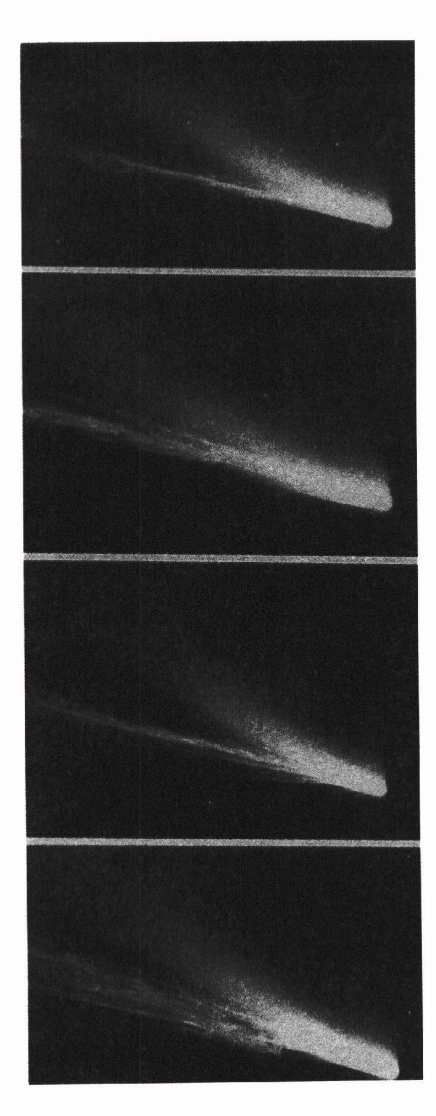


شكل (٩-٧) نموذج لمدار المذنبات حول الشمس، وهي شديدة الإهليجية (الاستطالة) بحيث تخترق مدارات الكواكب حتى تقترب من الشمس. كما أن ذيل المذنب يكون دائماً في الإتجاه البعيد عن الشمس



إتجاه الشمس

شكل (٩-٨) صورة تفصيلية لتركيب المذنبات، المذنب عبارة عن راس داخلها نواة صغيرة ثم ذيلين أحدهما من الأتربة والآخر من الأيونات



شكل (٩-٩) المذنب ماركوس وقد رصد بتلسكوب قطره ١٢٢سم





شكل (٩-١٠) مذنب هالي : على اليمين صورة بالكومبيوتر والأخرى طبيعية



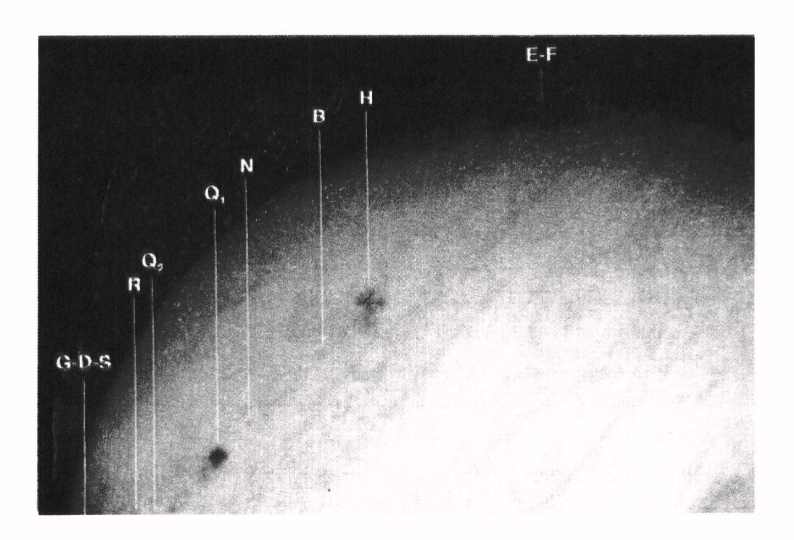
شكل (٩-١١) المذنب ويست ويظهر في الصورة ذيلا المذنب

المادة الثلجية تتبخر بفعل حرارة الشمس فللمذنبات عمر محدود يعتمد على مايتبقى من مادة المذنب وبالتالي فإن أي مذنب قد يستمر لعدة دورات لينتهي بعدها وتكون مادتة قد تحولت إلى غاز وغبار يتبعثر هنا وهناك في أرجاء المجموعة الشمسية ٠ كما أن بعض الأحجار المتفتتة عنه تصبح جزءا من مادة الشهب. ومن المفترض أن مذنب هالي قد فقد ٥٠ طنا كل ثانية من ثلج الماء عندما كان قريبا من الشمس في عام ١٩٨٦ ولكنه رغم ذلك قد يستمر لمائة ألف عام قادمة قبل أن تتلاشي مادته بالكامل ، وغالبا ما يكتسب المذنب مادة ثلجية عندما يكون بعيدا عن الشمس مما يطيل عمره بعض الشئ ولكنه في النهاية يتبخر ليكون من مادة الشهب.

ومن أحدث الإكتشافات أن للمذنبات مجالا مغناطيسيا يكون له جبهة في اتجاه الشمس تماماً كما هو الحال في المجال المغناطيسي للكواكب أما في الناحية الأخرى من المذنب فتمتد خطوط المجال المغناطيسي مكونة طبقة تحتوي على الشحنات وتسمى طبقة التيار وفيها يمتد ذيل الأيونات.

احتراق المذنب
شوماكر ـ ليفي ٩ في غلاف المشتري

في منتصف يوليو من عام ١٩٩٤ بدأت تتساقط قطع من مذنب شوماكر ـ ليفي ٩ على كوكب المشتري واحترقت في غلافه الجوي. كانت شتى المراصد في العالم وتلسكوب هابل في الفضاء



شكل (٩-١٢) احتراق المذنب شوماكر ـ ليفي ٩ في الغلاف الجوب لكوكب المشتري

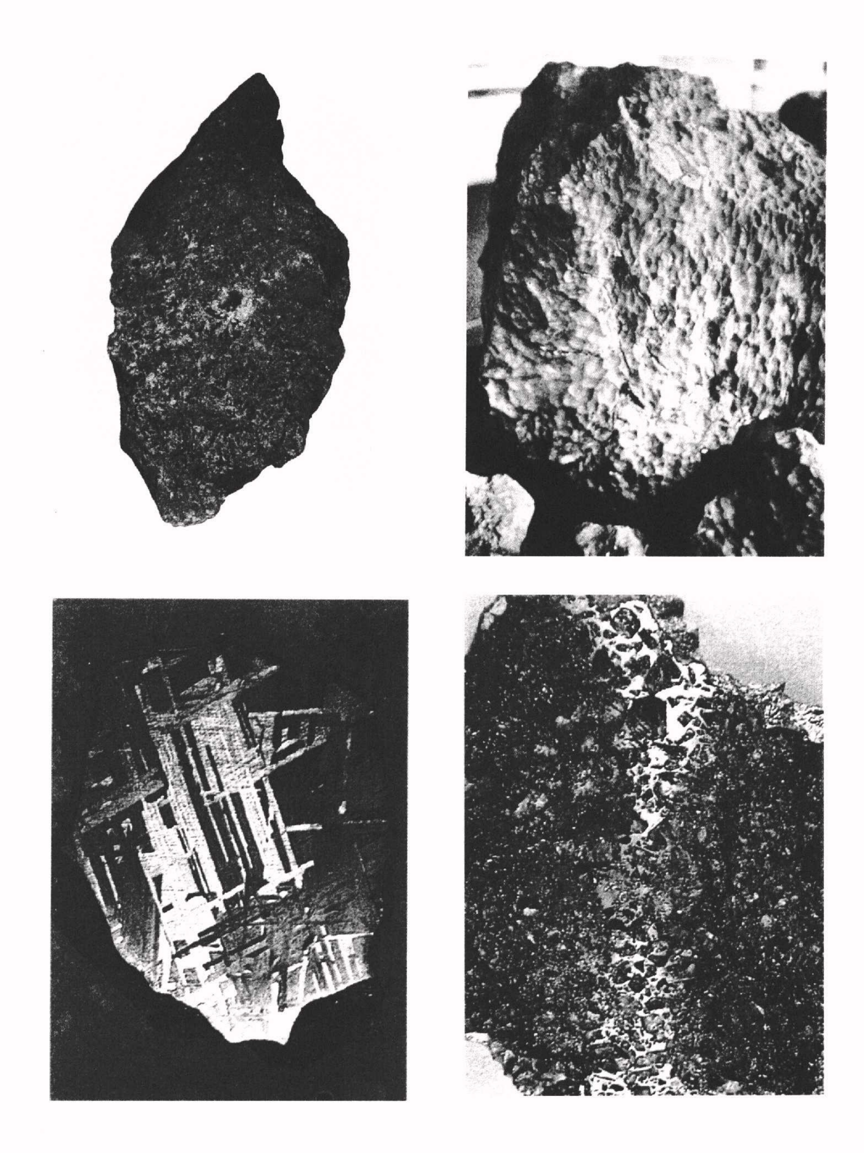
وكذلك الاقمار الفضائية كلها كانت تترقب هذه الظاهرة الفريدة. وامتلأت وسائل الأعلام بالموضوعات المزودة بالصور والتي تم رصدها لسقوط واحتراق قطع المذنب في الغلاف الجوي للمشتري. غلاف كوكب المشتري سميك ولذلك لا توجد أية احتمالات لوصول شيء من قطع المذنب إلى سطحه علاوة على أن سطحه من الهيدروجين السائل فلا توجد فكرة ارتطام قطع المذنب بسطح صلب كالذي على الأرض. ولقد حدث الاصطدام في الجهة البعيدة من الكوكب عن الأرض ولكن نتيجة سرعة دوران المشتري حول نفسه تمكن الفلكيون من تصوير عملية الاحتراق. وفي شكل (٩-١٢) مجموعة من الأماكن التي سقطت فيها قطع من المذنب على المشتري.

وقبلها بعامين في ٧ يوليو من عام ١٩٩٢ حيث كان المذنب في طريقه حول الشمس حيث مر بالقرب من المشتري فجذبة الكوكب إلى منطقة روش وهي منطقة حول كل كوكب إذا دخلها جسم غريب تكسر إلى قطع حسب صلابته وطبيعة مادته. وهذا ما حدث بالضبط للمذنب شوماكر - ليفي حيث تكسر إلى قطع عند اقترابه من كوكب المشتري وبعدها حاول العلماء جاهدين بكل ما أوتو من وسائل حديثة تجميع شتى المعلومات عن حركة قطع المذنب ومعرفة مدارها. وفي ديسمبر من عام ١٩٩٣ تم التعرف على مسار ٩ قطع من أجزاء المذنب ويبلغ نصف قطر أكبر ٢١ قطعة منها ما بين ١-٢كم.

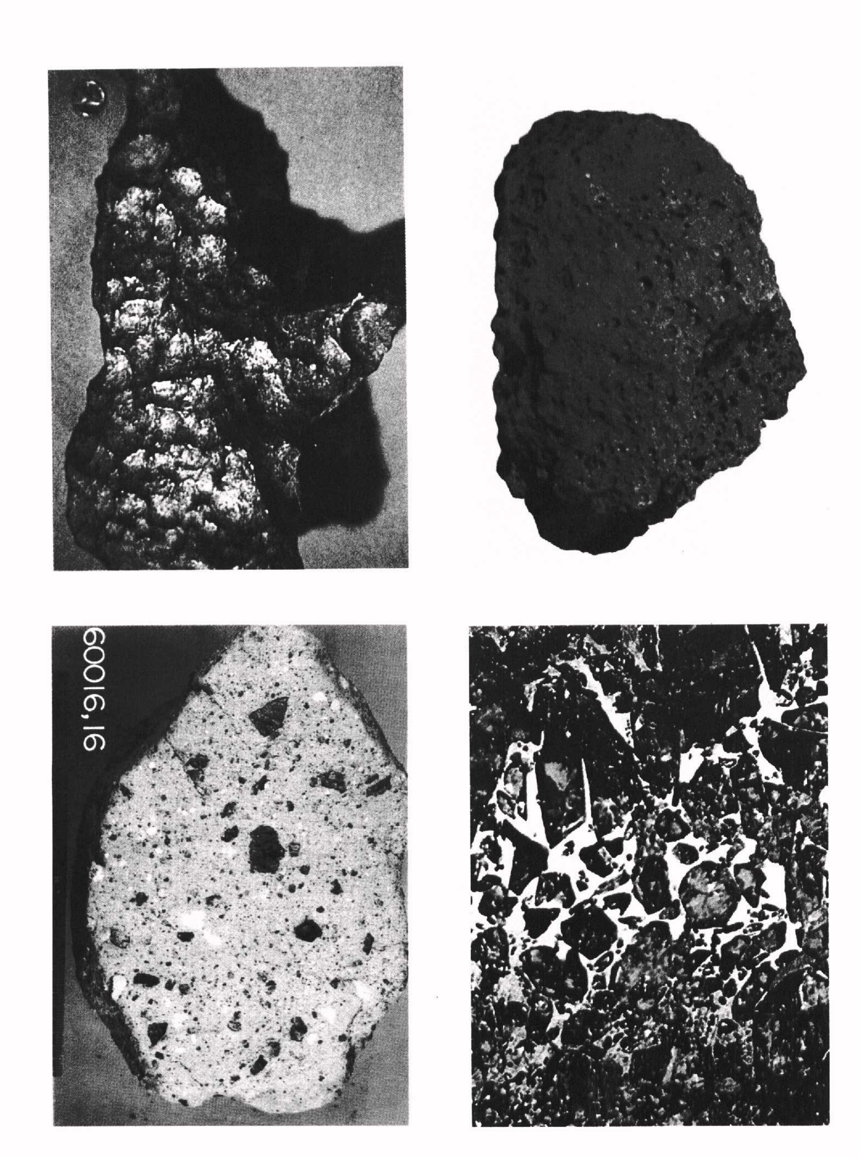
وبالطبع فإن هذه الحادثة جعلتنا نتساءل هل هناك مذنبات يمكن أن تقترب من الأرض وتدخل غلافها الجوي وهل يمكن أن يرتطم جزء منها بسطح الأرض؟ إنها كارثة نعوذ بالله منها ولكن عقول الفلكيين تعمل وتدرس المذنبات التي تقترب منا تخوفاً من شيء مخيف كهذا . وكأن الله يقول لأهل الأرض إن الموت قريب فلا تطغوا في كوكبكم.

الشهب والنيازك ومادة مابين الكواكب

تتكون الشهب إما من مواد صخرية و تمثل ٩٣٪ من مكونات الشهب أو من الحديد وتمثل نسبة ٦٪ من مادة الشهب أو ١٪ من خليط من مواد أخرى. ويعتقد العلماء أن مصدر الشهب هو في الغالب الكويكبات أو المذنبات كما أن جزءا كبيرا منها لابد وأن يكون قد تكون أثناء نشأة المجموعة الشمسية نفسها. والشهب قبل أن تصبح شهبا في الأغلفة الجوية للكواكب فإنها تكون عبارة عن أحجار تتحرك حركة عشوائية بين كواكب المجموعة الشمسية وتدخل في أغلفتها الجوية ولكنها تحترق نتيجة الاحتكاك بجزيئات الهواء ولذلك تعرف بالشهب. وغالبا ما تحترق الشهب بالكامل ولا يصل منها شيئ إلى سطح الأرض ، أما إذا كان الشهاب يحتوي على حديد ومعادن ثقيلة فإنه يتحمل درجات الحرارة العالية ولذلك يستمر حتي يسقط علي سطح الكوكب ويسمى حينذاك نيزكا ، ولنا أن نتخيل حجم الكارثة في المكان الذي تنزل فيه النيازك وهذا يذكرنا بقول الله تعالى: «أم أمنتم من في السماء أن يرسل عليكم حاصبا فستعلمون كيف نذير ». ومن لطف الله أن النيازك غالبا ماتنزل في الصحاري أو في البحار والمحيطات ، وأكبر الحفر الناشئة عن سقوط النيازك يبلغ قطرها ٣٠٠ كم وهي في المحيط الهندي ، وأقلهم صغرا له قطر في حدود ٢ كم على السطح . ونتيجة عدم وجود غلاف جوي على القمر نجد أن سطحه ملىء بالحفر الناشئة عن اصطدام هذه



شكل (٩-١٣) نماذج مختلفة لنيازك سقطت على الأرض

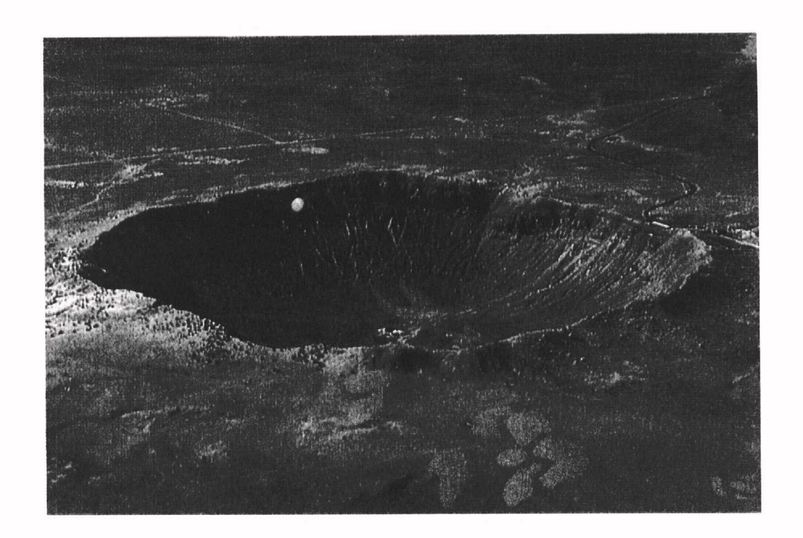


شكل (٩-١٤) نماذج أخرى لقطع من النيازك

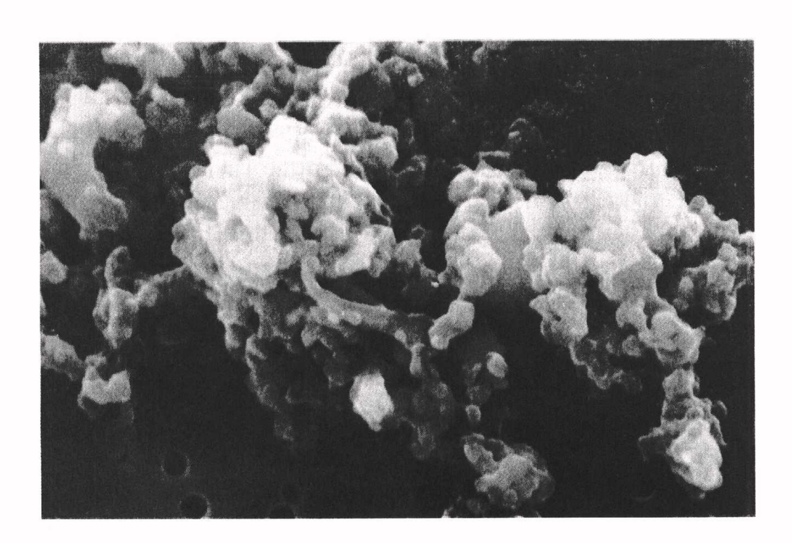


شكل (٩-١٥) الأماكن التي سقطت فيها نيازك كما يعتقد العلماء

الأحجار بسطحه ، أما الأرض فإن الله قد حماها بالغلاف الجوي وبالإضافة إلى هذه الأحجار التي تتحرك بين الكواكب فإن هناك مادة من الغازات والأتربة تملأ الفراغ بين الكواكب ؛ وتتكون حبيبات الأتربة الموجودة في مادة مابين الكواكب من عناصر مختلفة بشكل معقد وتتميز بأنها ذات كثافة صغيرة جدا ومادتها هشة.



شكل (٩-١٦) فوهة ناشئة عن سقوط نيزك في أريزونا بأمريكا



شكل (٩-١٧) صورة تفصيلية لمادة حبيبات ما بين الكواكب ومن الواضح أن تركيب وحجم الحبيبات متنوع

نشأة المجموعة الشمسية

لقد ظهرت عدة نظريات لمحاولة فهم عملية نشأة المجموعة الشمسية وتتبع تطورها حتى وصلت إلى ماهي عليه الآن ، وأحدث سيناريو يمكن تقبله هو ماسنحاول وصفه في السطور التالية ، كانت البداية وجود سحابة كبيرة من الغاز، وتحت تأثير عوامل خارجية بدأت السحابة في الانكماش ، إستمر الانكماش تحت تأثير قوة الجاذبية الذاتية للسحابة بحيث تزداد كثافة المادة كلما اقتربنا من مركز السحابة ، وهذه السحابة تدور كبقية الأجرام في الكون حول نفسها أثناء الانكماش كما أن لها مجالا مغناطيسيا يحد من سرعة الانكماش ، وبعد حوالي ٤٠٠ ألف سنة إرتفعت درجة الحرارة للجزء الداخلي للسحابة بحيث يحدث نوع من الاتزان بين الضغط وقوة الجاذبية ولكن مازالت المادة تنكمش في إتجاه المركز، وبعد حوالي مليون سنة بدأت مرحلة ثانية من الانكماش حيث يتكون في المركز مرة أخرى لب مستقر مع زيادة عالية في التسخين نتيجة تأثير زيادة قوة الجاذبية . ويسمى اللب الداخلي مرحلة ماقبل تكون النجم ، وبقية المادة تتجمع وتحيط بالجزء الداخلي نتيجة استمرار الإنكماش ، وبعد فترة تقدر بحوالي من ١ – ١٠ مليون سنة بدأت المادة المحيطة باللب في تكوين مادة الكواكب وتجمع كل جزء منها ليكون أحد الكواكب ، وبعد حوالي من ١ – ١٠٠ مليون سنة يتحول اللب إلى نجم جديد وهو مايعرف بـ(T Taur) حيث تبدأ في داخل هذا النجم التفاعلات النووية والتي تعتبر مصدر الطاقة الهائلة للنجوم .

ونتيجة لتكون الكواكب حول النجم (الشمس) الجديد ودورانها حوله فإن جزءا من طاقة دوران الشمس تذهب إلى هذه الكواكب التي تدور حول الشمس مما يبطىء من حركة الشمس الدورانية وهذا يأخذ من ١ر- ١ بليون سنة ، وفي هذه الأثناء تحدث الحفر العميقة على أسطح الكواكب .

هذا سيناريو بسيط ومختصر جدا عن كيفية نشأة وتطور المجموعة الشمسية . ويبقى أن نفسر من خلال هذه النظرية الظواهر المختلفة التي نراها من خلال دراستنا للمجموعة الشمسية ، ومن ذلك أن الكواكب كانت قد تكونت بفعل اصطدام الحبيبات المختلفة وتجمعها معا ولابد وأن الظروف كانت ملائمة لعملية التصاق الحبيبات معاً وبطريقة أدت إلى تكون اللب الساخن جدا كما هو الحال في أغلب الكواكب . وحينما تكونت الكواكب فإنها بفعل قوة جاذبيتها القوية جذبت اليها الغازات مكونة أغلفتها الجوية ، ولعبت الشمس في ذلك دورا مهما حيث منعت الشمس بفعل حرارتها الكواكب شبيهة الأرض من جذب هذه الغازات بل العكس هو الصحيح. وهو أن الغازات الخفيفة التي قد كانت موجودة حول هذه الكواكب فإنها هربت منها بسهولة . أما الكواكب العملاقة فإنها بفعل جاذبيتها جذبت الغازات الخفيفة لتكون بها الغلاف الجوي المحيط بها وهذا مانجده بالفعل حول الكواكب العملاقة . إن غلافها الجـــوي يتركب من الغازات الخفيفة ومركباتها .

وبالطريقة نفسها تكونت الكويكبات أما المذنبات فإنه يعتقد أنها تكونت بالقرب من أورانوس ونبتون (مثلا) ثم أرغمت على الحركة في مدارها الشديد التفلطح . وقد تكون الرياح الشمسية القوية التي بدأت بعد تكون الشمس وكانت في البداية ذات قوة ضغط شديد بحيث أرغمت جميع المواد والأتربة والأجسام الخفيفة على أن تتباعد عن الشمس . فقد تكون هذه الرياح هي السبب في

عملية إنتشار مادة مابين الكواكب داخل المجموعة الشمسية وتباعدها عن الشمس وكذلك الحال بالنسبة للمذنبات . أما الأقمار فإننا يمكن أن نقول أن الأقمار التي تدور في نفس إتجاه حركة الكوكب الأم فإنها نشأت معه في نفس الوقت من القرص الغازي المحيط بالكوكب أثناء تكونه ، أما الأقمار التي تدور في إتجاه تراجعي فإنها في الغالب نشأت كأحجار مختلفة الأحجام ثم جذبها الكوكب وجمعها لتكون قمراً يدور حوله . وغالبا ماتكون هذه الأقمار صغيرة الكتلة والحجم .

هل توجد مجموعات شمسية أخرى؟

في الحقيقة تبعا لما نفهمه عن نشأة المجموعة الشمسية فإنه يصبح المتصور أن تكون هناك نجوما كثيرة تدور حولها كواكب كما هو الحال في مجموعتنا الشمسية ولكن الأرصاد حتى يومنا هذا لم ترصد نجما تدور حوله كواكب والسبب الرئيسي في ذلك قد يكمن في صعوبة رصد الكواكب وخصوصاً أن أقرب نجم منا يبعد مسافة حوالي ٤ر٢ سنة ضوئية .

بالرغم من أن الكثير من المعلومات عن المجموعة الشمسية أصبحت معروفة لنا إلا أننا نجد بين ثنايا ما نعرفه الكثير من النقاط الغامضة التي لم نفهمها بعد كما أن نشأة المجموعة الشمسية وتطورها مازال أمرا محيرا مليئا بالأسرار والظواهر الغامضة والتي تحتاج إلى أدلة وشواهد تفصيلية أكثر حتى يمكن لعقولنا أن تهتدي إلى فهم هذه الأسرار وتلك الغوامض. وصدق الله حيث يقول : «إن في خلق السماوات والأرض واختلاف الليل والنهار لآيات لأولى الألباب» صدق الله العظيم .

ملخص :

١- بلوتو هو أصغر الكواكب ولكنه رغم ذلك له غلاف جوي وذلك لبعده عن الشمس .

٢- يدور حول بلوتو قمر واحد يبلغ نصف كتلة كوكبه .

٣- يدور بلوتو وقمره حول بعضهما بوجه ثابت .

٤- يميل مدار بلوتو حول الشمس بأكبر زاوية علي دائرة البروج كما أن مداره أكثر مدارات الكواكب إهليجية .

٥- عدد الكويكبات يزيد عن ١٠٠ ألف كويكب وهي تتحرك فيما يعرف بحزام الكويكبات ويقع بين المريخ والمشتري .

٦- بعض الكويكبات تدور في مدارات شديد الإستطالة بحيث تقترب من الأرض .

٧- الكويكبات تعتبر من مصادر الشهب .

٨- إحتمال التصادم بين الكويكبات صغير جدا لدرجة الندرة .

٩- المذنب عبارة عن رأس ثلجي من مواد مختلفة أهمها ثلج الماء وذيلان أحدهما من الغازات والآخر من الأيونات .

١٠- للمذنبات مجال مغناطيسي .

١١- تدور المذنبات حول الشمس في مدارات إهليجية شديدة الإستطالة .

١٢- يكون ذيل المذنب في الإتجاه البعيد عن الشمس دائما .

١٣- تسبح في الوسط بين الكواكب مواد صخرية أغلبها سهلة الإحتراق في الأغلفة الجوية للكواكب . وعند احتراقها نطلق عليها اسم الشهب ، وإذا كان جزء من مادتها يتحمل درجات الحرارة العالية فإنه سيستمر حتي يسقط علي أسطح الكواكب ونسميه في ذلك الوقت نيزكا .

١٤- مصادر الشهب والنيازك في الوقت الحالي إثنان : الكويكبات والمذنبات .

١٥- تنتشر في الوسط بين الكواكب مادة رقيقة تعرف بمادة ما بين الكواكب .

تابع الملخص

١٦- نشأت المجموعة الشمسية داخل سحابة غازية حيث انكمشت مادة السحابة وكونت الشمس في المركز والكواكب وأقمارها حول المركز وكذلك بقية اعضاء المجموعة الشمسية.

أسئلة الباب التاسع

١- ماذا تعرف عن الشهب ؟

٢- ما الفرق بين الشهب والنيازك ؟

٣- أذكر تركيب المذنبات باختصار .

٤- كيف نفسر وجود الكويكبات ؟

٥- هل توجد كويكبات تقترب من الأرض ؟

٦- ما الفرق بين الكواكب والكويكبات ؟

٧- ما هي مصادر الشهب ؟

٨- هل يوجد فرغ حقيقي بين الكواكب ؟

٩- بعض الأحجار السابحة في الفضاء الخارجي تدخل غلافنا الجوي وتصل إلي سطح الأرض . كيف نفسر ذلك ؟

١٠- أصبح لدينا تصور دقيق عن نشأة وتطور المجموعة الشمسية ، بين ذلك .

أجب بصح أو بخطأ :

١- الكواكب تكونت قبل الأقمار .

٢- المذنب عبارة عن قطعة من الثلج ولكنها كبيرة في الحجم .

٣- تتحرك الكويكبات في مدارات اهليجية مثل الكواكب .

٤- تعتبر الكويكبات مصدرا للشهب .

٥- توجد أغلفة جوية حول الكويكبات .

٦- يوجد ثلج الماء في المذنبات .

٧- للمذنب ذيلان .

٨- يتحرك ذيل المذنب في الاتجاه البعيد عن الشمس .

٩- بعض المذنيات دورتها قصيرة .

١٠- تكونت الكواكب وأقمارها من نفس السحابة التي تكونت منها الشمس .

اختر أصح الاجابات فيمايلي :

١- الكويكبات توجد بين كوكبي :

أ- المريخ والمشتري ب- زحل وأورانوس

ج- الأرض والمريخ د- المشتري وزحل

٢- الكويكبات لها سطح :

أ- ثلجي ب- صخري

ج- سائل د- غير معلوم

٣- الكويكبات مصدر ل :

أ- المذنبات ب- الشهب

ج- الكواكب د- غير ذلك

٤- حزام الكويكبات أقرب لكوكب :

أ- المريخ ب- المشتري

ج- الأرض د- زحل

٥- تتكون المذنبات في مكان :

أ- قريب من الشمس ب- أبعد من بلوتو

ج- أبعد من كل المجموعة الشمسية د- غير معلوم

٦- كلما بعد المذنب عن الشمس كلما كان ذيله :

أ- اطول ب- أقصر

ج- لا يتغير طوله د- غير معلوم

٧- الاستطالة في مدارات المذنبات بالمقارنة مع استطالة مدارات الكواكب تكون:

أ- أقل　　　ب- أكبر

ج- مساوية　　　د- غير معلوم

٨- نسبة الشهب في بداية نشأة المجموعة الشمسية كانت :

أ- أكثر من الوقت الحالي　　　ب- أقل من الوقت الحالي

ج- مساو لما في الوقت الحالي　　　د- غير معلوم

٩- المذنبات :

أ- أطول عمرا من الكواكب　　　ب- أقصر عمرا من الكواكب

ج- نفس أعمار الكواكب　　　د- غير معلوم

١٠- السحابة التي تكونت منها المجموعة الشمسية :

أ- مازالت موجودة　　　ب- لم يبق منها شئ

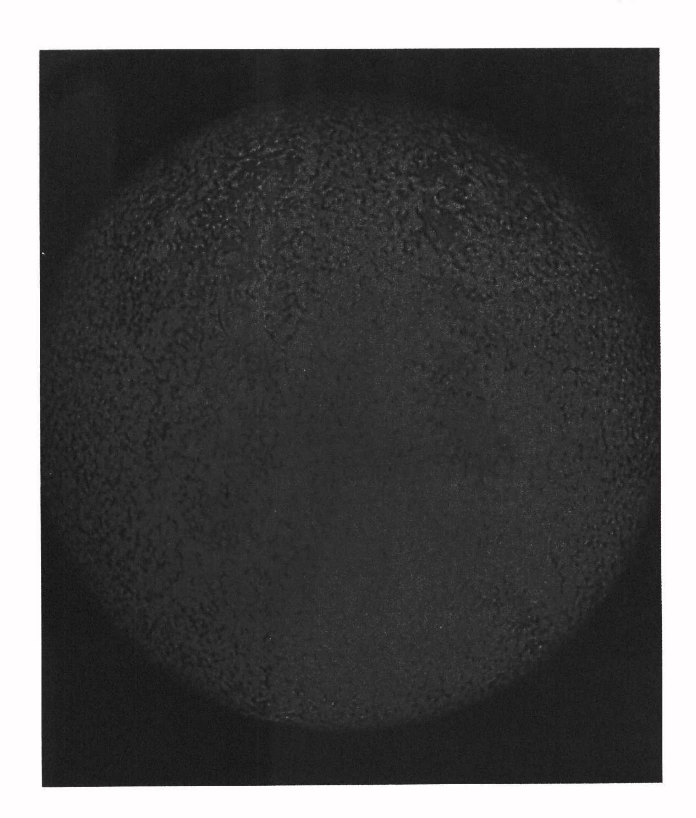
ج- غير معلوم

الباب العاشر

الشمس

الباب العاشر
الشمــس

أسس مرصد مراغة وزوده بأحدث وأضخم الاجهزة الفلكية ونقل إلى مكتبة المرصد قرابة ٤٠٠ ألف كتاب. نصير الدين الطوسي (ولد سنة ١٢٠١ ميلادية).



شكل (١٠-١) صورة لقرص الشمس وما عليه من غليان

خواص عامة:

إن الشـمس من أعظم النعم التي أنعم الله بهـا على سكان كـوكـبنا فـهي التي تمدنا بالضـوء والحرارة ومن ثم بأهم أسباب الحياة ، وبالرغم من أنها واحدة من النجوم العادية المتوسطة إلا أنها لقربها منا تعتبر اهم نجم بالنسبة لنا . و الشمس ككل النجوم عبارة عن كتلة غازية ملتهبة ، وهي تعد نجما عاديا بالمقارنة بالنجوم المختلفة والمنتشرة في أنحاء الكون ، فمن حيث الكتلة هي وسط بين النجوم . فـهناك نجوم أكبر من الشمس وأخرى أصغر من الشـمس وهناك نجوم أكثر بريقا من الشمس وأخرى أقل لمعانا من الشمس ، ولذلك يمكننا أن نقول عنها إنها نجم متوسط في خواصه المختلفة ، كذلك يمكننا أن نقـول عنهـا إنهـا من النجـوم الهـادئة المسـتـقرة إذا مـاقـورنت بالنجـوم المتغيرة.

الكثافة المتوسطة لمادة الشمس أكبر قليلا من كثافة الماء كما هو واضح في جدول(١٠-١)، ولكن كتلتها أكثر من كتلة الأرض بحوالي ٣٣٣ ألف مرة ، أي أنها تعادل ثلث مليون كرة أرضية ومن حـيث الحـجم يمكن للشـمس أن تبـتلع حـوالي مليـون كـرة أرضـيـة ، والشـمس في حـالة اتزان هيدروستاتيكي ، وهذا يعني بمنتهى البساطة أن يكون الضغط في حالة توازن مع الجاذبية كما هو مبين في شكل(١٠-٤) . ومن حيث التركيب الكيميائي فإن الشمس ككثير من الأجسام في الكون عـبارة عن ٧٣٪ هيـدروجـين ، ٢٥٪ هيليـوم والبـاقي عناصـر أخـرى مـوجـودة بكمـيات قليلة . أغلب العناصر التي نعرفها علي الأرض رصدت في طبقات الشمس ، ونتيجة للحرارة العالية في الشمس فإن أغلب العناصر موجودة في شكل ذري ومتأين ولكن هناك بعض الجزيئات الموجودة في الأماكن

جدول (١٠-١) بعض المعلومات المهمة عن الشمس

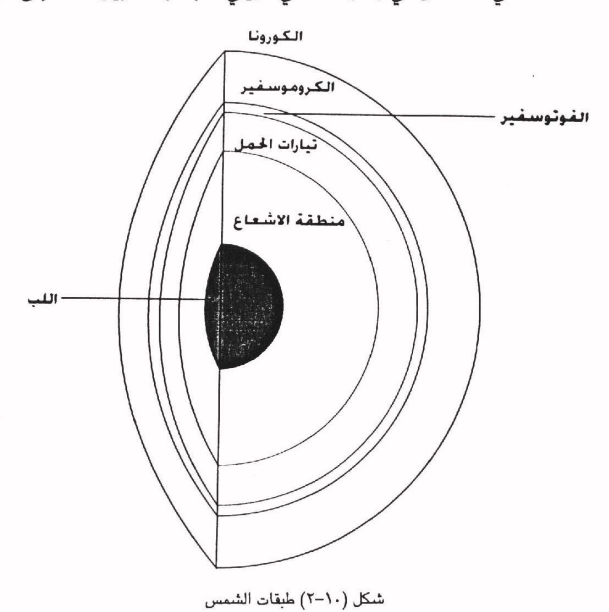
القطــــر	٩٨.١٫٣٩١ كم (١٠٩٫٣ قطر أرضي)
الكتلة	١٫٩٩ × $١٠^{٣٣}$جرام (٣٣٢٫٩٤٣ كتلة أرضية)
الكثافة	١٫٤١ جرام/ سم٣
قوة الجاذبية	٢٧٫٩ جاذبية أرضية
سرعة الهروب	٦١٨ كم/ ثانية
درجة اللمعان	٣٫٨٣ × $١٠^{٣٣}$ إرج/ ثانية
درجة حرارة السطح	٥٧٨٠ درجة مطلقة
القدر الظاهري	- ٢٦ ، ٨٦
القدر المطلق	+ ٤٫٧
النوع الطيفي	G_2

الباردة في الشمس كالبقع الشمسية . والآن نتسائل : ما معني أن تكون العناصر الموجودة في الأرض موجودة كذلك في الشمس ؟ والإجابة تكمن في أن الأرض والشمس وكل ما في المجموعة الشمسية قد تكون من المادة نفسها ومن السحابة نفسها وكان أهم عناصر هذه السحابة الهيدروجين ثم الهيليوم وعندما تكونت الشمس وأعضاء المجموعة الشمسية فإن درجات الحرارة المختلفة في كل من الشمس والكواكب هي التي حددت مسار التطور الكيميائي في كل منها .

درجة لمعان الشمس Luminosity تعبر عن كمية الطاقة التي تخرجها الشمس في الثانية الواحدة وتقدر بـ ٤X١٠ ^٣٣ إرج/ث ، ولقياس درجة لمعان النجوم تعتبر درجة لمعان الشمس الوحدة، والقدر الظاهري هوالقدر الذي نرصده للشمس ، أما القدر المطلق فهو قدر الشمس إذا كانت عند بعد ١٠ بارسك منا وقد قسمت النجوم إلي أنواع طيفية والشمس حسب هذا التقسيم من النوع الطيفي G_2. وهذه الخصائص الثلاث الأخيرة ستدرس بالتفصيل في باب النجوم .

تركيب الشمس:

تتكون الشمس كما هو مبين في شكل(١٠-٢) من لب نصف قطره ربع القطر الكلي للشمس وفي هذا اللب تحدث التفاعلات النووية والتي تؤدي إلى أن يتحول الهيدروجين إلى هيليوم وهذا هو مصدر الطاقة الأساسي للشمس في وقتها الحالي ، ويلي اللب طبقة كبيرة تمتد إلى قرب حافة

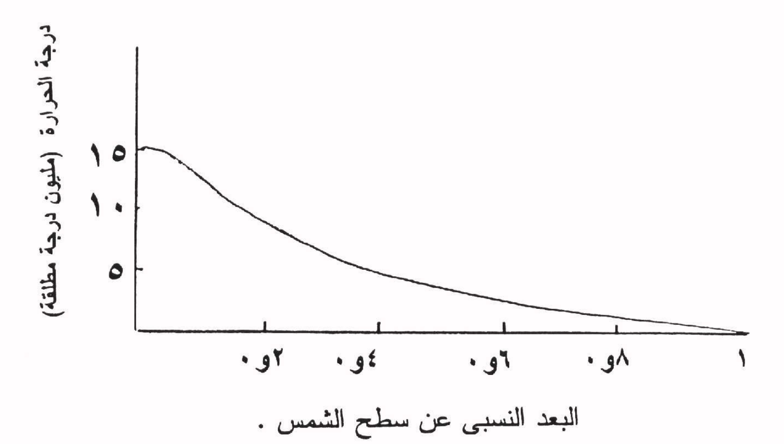


شكل (١٠-٢) طبقات الشمس

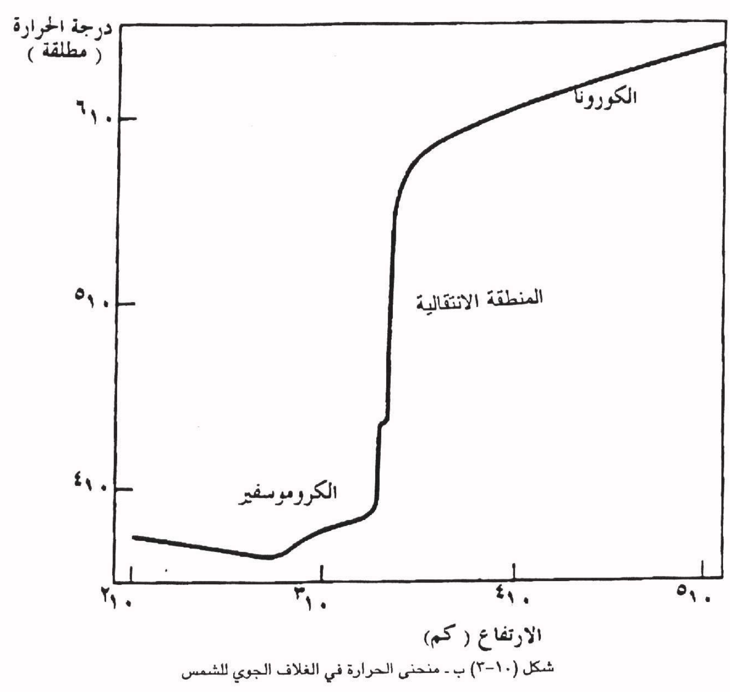
الشمس (٨٦٪ من قطر الشمس) ، وهي تتميز بأنها تنقل الطاقة إلى الجزء الخارجي بواسطة الإشعاع ، ثم تأتي طبقة تنتقل منها الحرارة بالحمل وهذه الطبقة سمكها صغير وتغطيها طبقة الفوتوسفير والتي يبلغ سمكها ٣٣٠ كم وهي تمثل سطح الشمس ودرجة الحرارة عندها ٥٧٨٠ درجة مطلقة وهي أدنى درجة حرارة في طبقات الشمس، أنظر شكل (١٠-٣ ب) وفوقها يوجد الغلاف الجوي للشمس والذي يتكون من طبقة الكروموسفير والمنطقة الانتقالية ثم الكورونا . أما طبقة الكروموسفير فتمتد لحوالي ٢٠٠٠ كم - ٣٠٠٠ كم وتزداد الحرارة فيها إلي ١٠ آلاف درجة مطلقة أما المنطقة الانتقالية transition zone فيبلغ سمكها عشرات الكيلومترات فقط وترتفع الحرارة فيها من ١٠ آلاف إلي مليون درجة مطلقة وبعد ذلك تأتي طبقة الكورونا وهي الطبقة الخارجية والتي تمتد لعدة ملايين من الكيلومترات حول الشمس ودرجة الحرارة تصل فيها لعدة ملايين من الدرجات المطلقة ورغم ذلك لا تعتبر الكورونا منطقة ساخنة . ذلك لأن كثافة المادة فيها قليلة جدا وعدد الجسيمات حوالي ١ بليون جسيم/سم٣ بينما تبلغ كثافة المادة في الفوتوسفير حوالي ١٠^١٦ جسيم/سم٣ وهي ١/١٠٠٠ من كثافة الهواء عند سطح البحر وهذا يدل علي أن عدد الجسيمات قليل جدا في طبقة الكورونا. أما في مركز الشمس فتبلغ درجة الحرارة حوالي ١٥ مليون درجة مطلقة ، أنظر شكل(١٠-٣ أ) .

وكما شرحنا سابقا فإن القوى المختلفة المؤثرة على الشمس والناشئة عن الجاذبية الذاتية والدوران والمجال المغناطيسي والحرارة تكون كلها في اتزان يعرف بالاتزان الهيدروستاتيكي. وحتي نوضح معنى الاتزان الهيدروستاتيكي دعنا نتصور كرة من الغاز رفعت درجة حرارتها فإنها تتمدد ولكن إذا كانت هناك قوة أخرى تمنع التمدد فإن الكرة تظل على حالها رغم درجة الحرارة العالية وهذه القوة هي قوة الجاذبية ، وبذلك يمكن القول إن الجاذبية والضغط في حالة اتزان أو بصورة أدق فإن القوى الناشئة عن المجال المغناطيسي والدوران والحرارة في حالة اتزان مع قوة الجاذبية بحيث إن الشمس تظل على حالها (في اتزان هيدروستاتيكي) دون أن يحدث تغير في حجمها أو شكلها ، أما إذا تغلبت إحدي القوى السابقة ولتكن الحرارة على قوة الجاذبية فحينئذ تتمدد الشمس لتصبح من النجوم العملاقة .

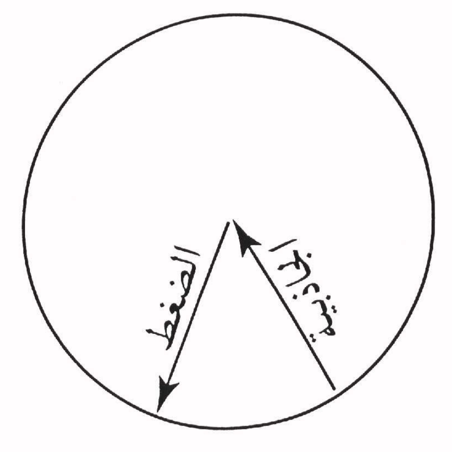
وتظهر في طبقة الفوتوسفير تحببات granulations (شكل(١٠-١١)) ، قطر الواحدة منها حوالي ٧٠٠ - ١٠٠٠ كم ويوجد مثيلتها في طبقة الكروموسفير ولكنها بقطر أكبر يقدر بحوالي ٣٠ ألف كم وتظهر التحببات كمناطق لامعة محاطة بمناطق معتمة وهذه التحببات عبارة عن عواميد من الغازات الساخنة ترتفع من تحت الفوتوسفير من طبقة انتقال الحرارة بالحمل . وقد تعمر الحبيبة الواحدة فترة في حدود ثماني دقائق ، كما تخرج غازات ملتهبة من طبقة الكروموسفيرفي شكل شواظ Spicules(شكل(١٠-١٨)) ، تبلغ حرارتها من ٦ - ١٠ آلاف درجة مطلقة وتلك الشواظ تأتي وتذهب فوق خطوط المجال المغناطيسي والذي يبدو أنه المتحكم فيها ، وترتفع الشواظ عبر الكروموسفير إلي ارتفاعات من ٥ آلاف إلي ٢٠ ألف كم فوق سطح الشمس وتمكث كل شظية في حدود ١٠ دقائق وبعدها تختفي وتظهر غيرها وهكذا . ولو تفحصنا تغير درجة الحرارة فسنجد أنها تكون في مركز الشمس حوالي ١٥ مليون درجة مطلقة كما هو مبين في شكل(١٠- ١٣) ، ثم تقل



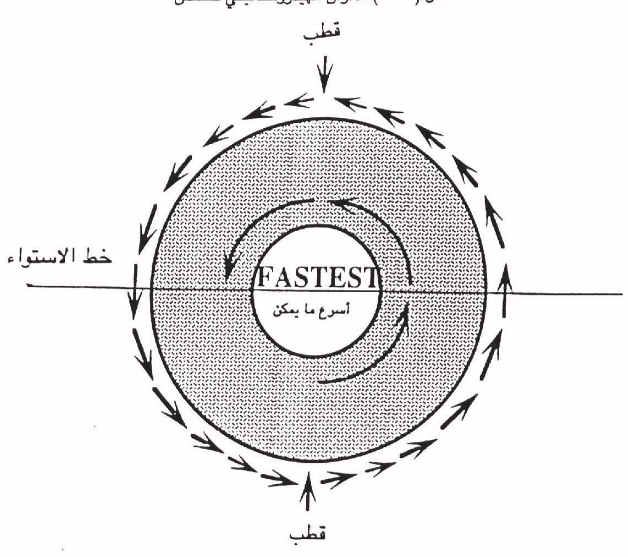
شكل (١٠-٣) أ ـ منحنى تغير الحرارة في طبقات الشمس الداخلية



شكل (١٠-٣) ب ـ منحنى الحرارة في الغلاف الجوي للشمس



شكل (١٠-٤) الاتزان الهيدروستاتيكي للشمس



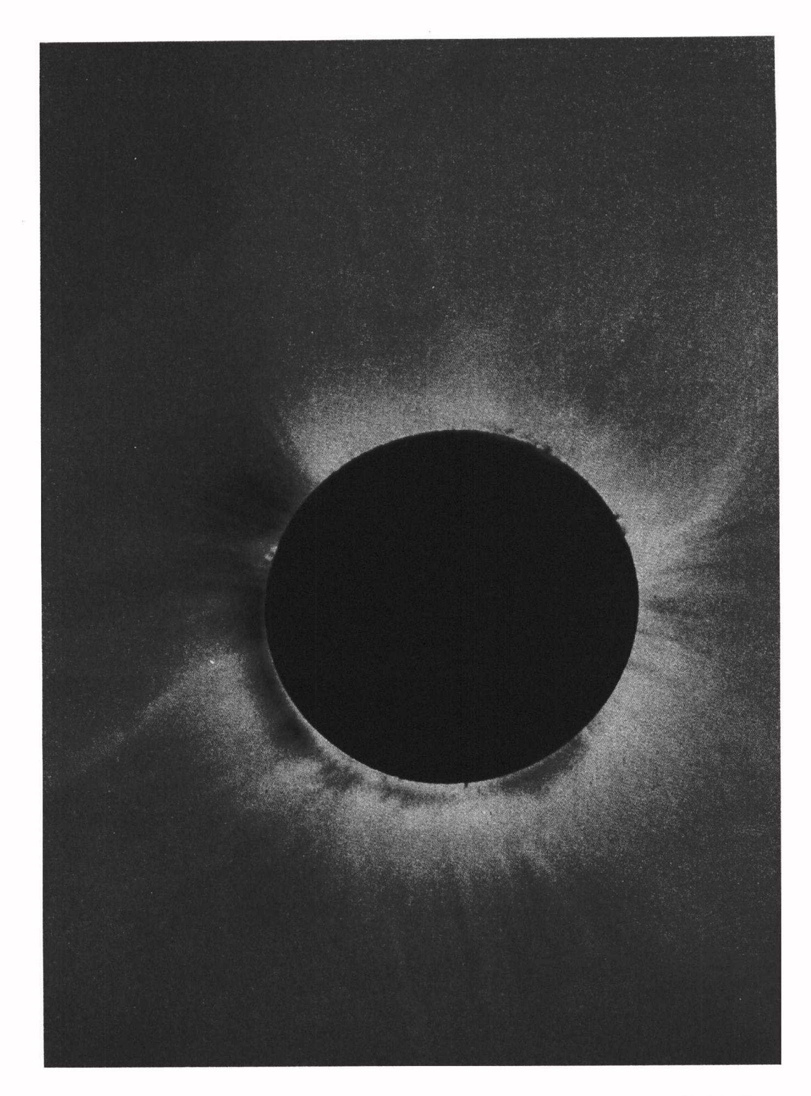
شكل (١٠-٥) دوران الشمس حول نفسها، وواضح من الشكل أن سرعة المادة تختلف من مكان لآخر على سطح الشمس. فسرعة المادة تكون أعلى بالقرب من خط الاستواء واقل عند القطبين كما انها في المركز أعلى مما على السطح كما تشير الأسهم، مع ملاحظة أن الأسهم لا تشير لاتجاه الحركة . يتسبب الاختلاف في الدوران في تعقد المجال المغناطيسي للشمس.

درجة الحرارة كلما خرجنا بعيدا عن مركز الشمس حتى تصل إلى أدنى قيمة لها في طبقة الفوتوسفير(سطح الشمس) ، ثم تزداد درجة الحرارة مرة ثانية في الكروموسفير ثم الكورونا حتى تزيد عن المليون درجة مطلقة في الكورونا . ولذلك فإن الغازات في الكورونا تكون متأينة كما هو الحال في مركز الشمس. ولقد أثبتت الأرصاد التي أجريت على الشمس بواسطة أشعة إكس أن الكورونا ليست منتظمة ولكنها متغيرة السمك من مكان لآخر، فهناك مناطق متعددة في الكورونا تظهر قاتمة اللون حيث تكون كثافة الغاز أقل مما حولها وتكون باردة في حرارتها كذلك وحركة الغازات فيها هادئة نسبيا ولذلك تظهر هذه المناطق كثقوب في الكورونا Coronal holes كما هو مبين في شكل(١٠-٢٠) ، وهي ناشئة من تأثير المجال المغناطيسي ، كما يمكننا أن نلاحظ خروج حمم من الغازات الساخنة prominances (أنظر الأشكال : ١٠-٦ و١٠-٨ و ١٠-٩ و ١٠-١٠) ، من سطح الشمس وتتحرك لأعلى ثم يسقط بعضها ثانية على سطح الشمس ، ومن شكل الكورونا نلاحظ أن كمية الإشعاع قد تكون كبيرة في اتجاه وصغيرة في اتجاه آخر نظرا لارتباط كمية الإشعاع بالنشاط الشمسي . وتخرج الرياح الشمسية لتنتشر في الفضاء وتصل إلى كواكب المجموعة الشمسية ومنها الأرض وهذه الرياح الشمسية تحوي شحنات ذات طاقة عالية وقد تكون سرعة الشحنات قليلة بالقرب من سطح الشمس ولكن سرعتها تزداد كلما ابتعدنا عن الشمس حتى تصل إلى ٤٠٠ كم/ ثانية وبعد ذلك تصبح سرعتها ثابتة تقريبا . والغازات في الكورونا تكون ساخنة بحيث لا تقع تحت تأثير جاذبية الشمس وإنما تكون لديها القوة اللازمة كي تنطلق بعيدا عن سلطان الشمس وفي اتجاه الكواكب . والرياح الشمسية وهي غازات ساخنة ومتأينة تخرج متجمعة تحت تأثير المجال المغناطيسي للشمس ولا تجد لها منفذا إلي خارج الشمس إلا عن طريق ثقوب الكورونا ولذلك نلاحظ أن الرياح الشمسية لا تخرج إلا من ثقوب الكورونا. وعندما تصل الرياح إلى الأرض فإنها تكون ذات تأثير كبير على طبقة الأيونوسفير والتي تؤثر بدورها على الاتصالات الراديوية وتحدث الشفق القطبي والدوامات المغناطيسية .

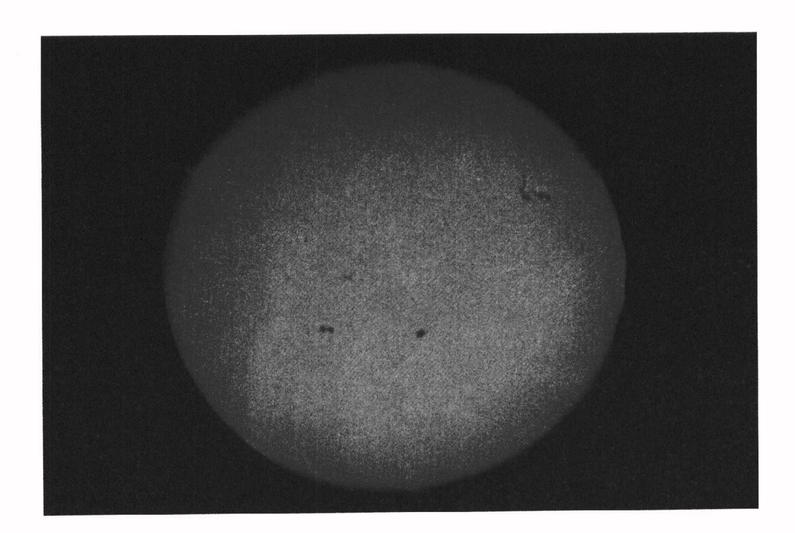
بحساب كمية الطاقة النووية التي يمكن أن تخرج من الشمس والفترة اللازمة لفنائها فإن عمر الشمس الافتراضي يقدر بحوالي ١٠ بليون سنة ، ومن المعروف جيولوجيا أن عمر المجموعة الشمسية حوالي ٤٫٥ بليون سنة وهذا يعني أن الشمس والمجموعة الشمسية قد نشأت جميعا في وقت واحد تقريبا ومما تقدره الحسابات الفلكية أن الشمس ستظل على ماهي عليه لمدة ٥ بليون سنة أخرى. بعدها تبدأ الشمس في الدخول في أطوار أخرى. يصعب مع هذه الأطوار استمرار كواكب المجموعة الشمسية ومنها الأرض في البقاء كما هي.

دوران الشمس:

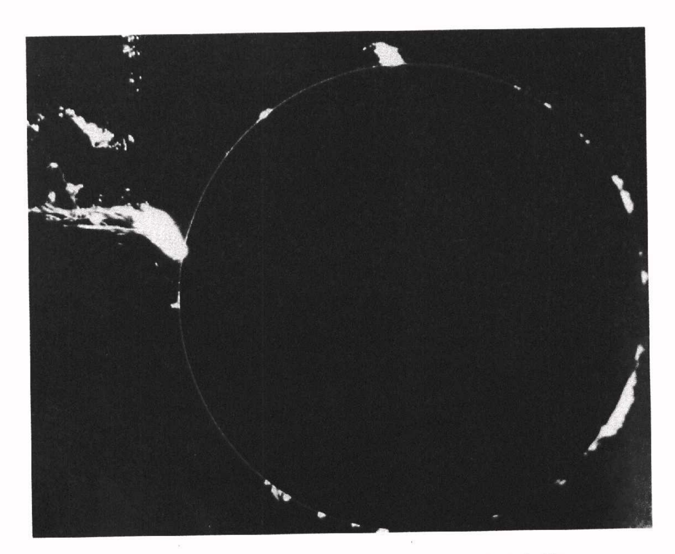
تدور الشمس حول نفسها كما تفعل الكواكب ويمكن قياس حركة الشمس حول نفسها من حركة البقع الشمسية أو من خلال الفرق في إزاحة دوبلر Doppler shift للضوء القادم من حافتي الشمس : المتجهة نحونا والمبتعدة عنا . فمن إزاحة الطيف عند كلا الحافتين وقياس الفرق بين الإزاحتين يمكن تحديد سرعة دوران الشمس حول نفسها . وتدل هذه الحسابات أن دوران مادة



شكل (١٠-٦) يختفي في الصورة قرص الشمس وتظهر مظاهر مختلفة من الأنشطة الشمسية وهي كما تظهر بالأرقام العربية كالتالي: (١) قذائف عالية من المادة . (٢) قذائف رفيعة. (٣) قذائف في شكل يشبه الريش . (٤) التيار القطبي . (٥) مناطق تركز غازات الكورونا.

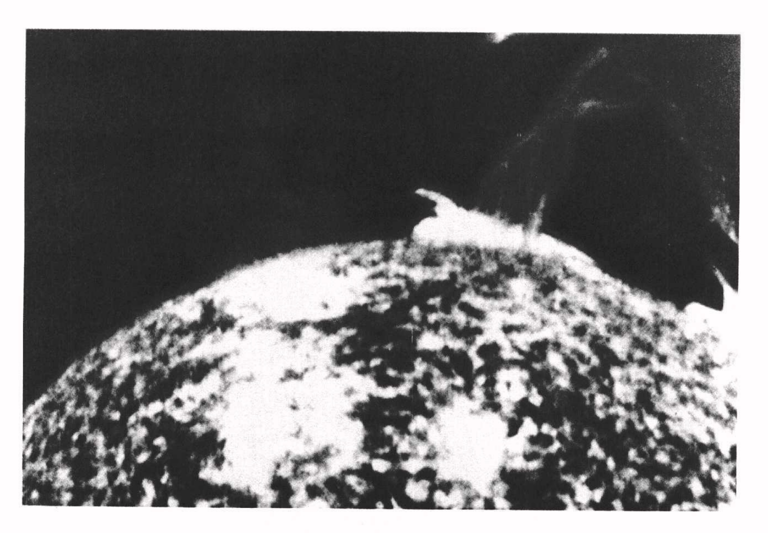


شكل (١٠-٧) الشمس وهي هادئة يظهر عليها عدد قليل من البقع الشمسية

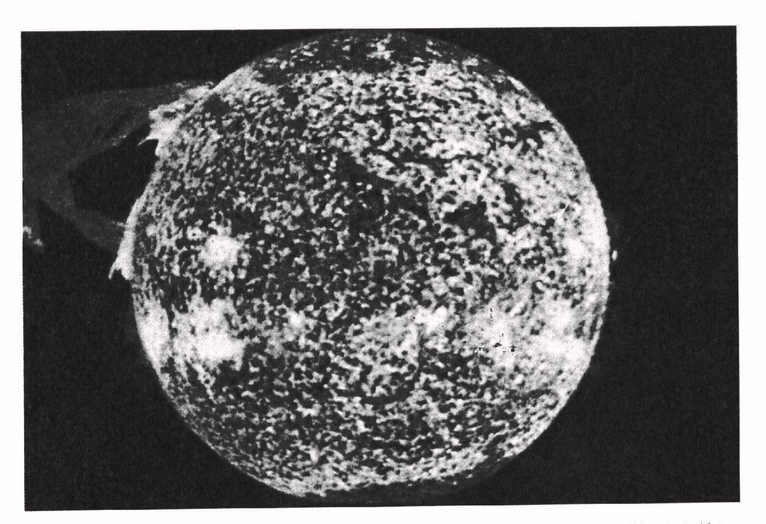


شكل (١٠-٨) الحمم الشمسية وهي تخرج كقذائف منطلقة في الفضاء

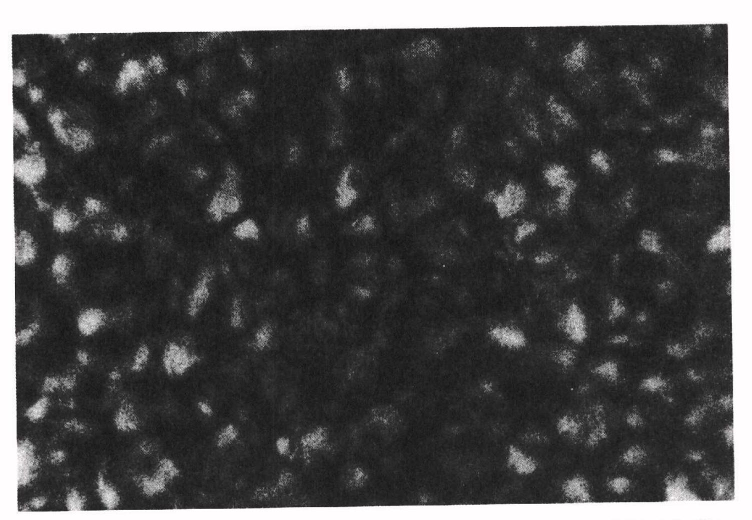




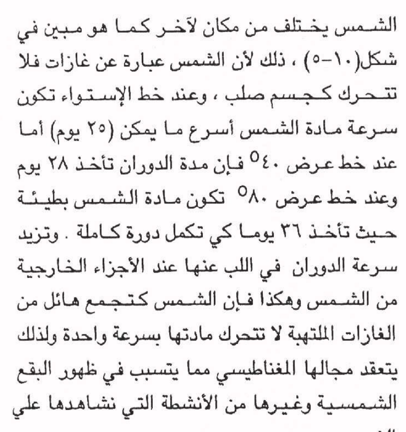
شكل (١٠-٩) منظران للحمم الشمسية prominances وهي تخرج وتتحرك في مسار مقوس تبدأ من سطح الشمس ثم تعود إليه مرة ثانية.



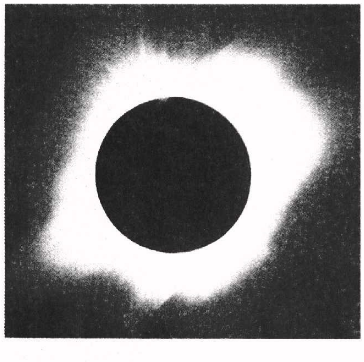
شكل (١٠-١٠) وهج شمسي Solar flare تم تصويره في الأشعة فوق البنفسجية كما يظهر على الكروموسفير تحببات ضخمة



شكل (١٠-١١) التحببات في سطح الشمس. كل بقعة لامعة تمثل واحدة من التحببات الشمسية وهي عبارة عن خلية صاعدة لإعلى من الغازات الساخنة وقطرها ١٠٠٠كم بينما المناطق الداكنة المحيطة فهي تعبر عن غازات باردة هابطة لأسفل.



الشمس يختلف من مكان لآخر كما هو مبين في شكل(١٠-٥) ، ذلك لأن الشمس عبارة عن غازات فلا تتحرك كجسم صلب ، وعند خط الإستواء تكون سرعة مادة الشمس أسرع ما يمكن (٢٥ يوم) أما عند خط عرض ٤٠° فإن مدة الدوران تأخذ ٢٨ يوم وعند خط عرض ٨٠° تكون مادة الشمس بطيئة حيث تأخذ ٣٦ يوما كي تكمل دورة كاملة . وتزيد سرعة الدوران في اللب عنها عند الأجزاء الخارجية من الشمس وهكذا فإن الشمس كتجمع هائل من الغازات الملتهبة لا تتحرك مادتها بسرعة واحدة ولذلك يتعقد مجالها المغناطيسي مما يتسبب في ظهور البقع الشمسية وغيرها من الأنشطة التي نشاهدها علي الشمس .

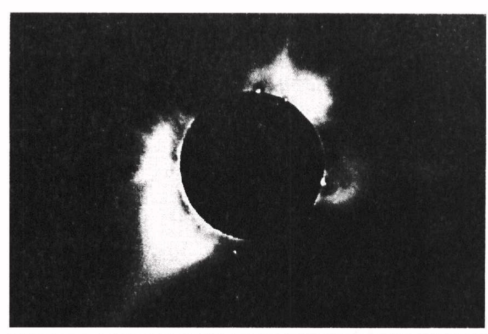


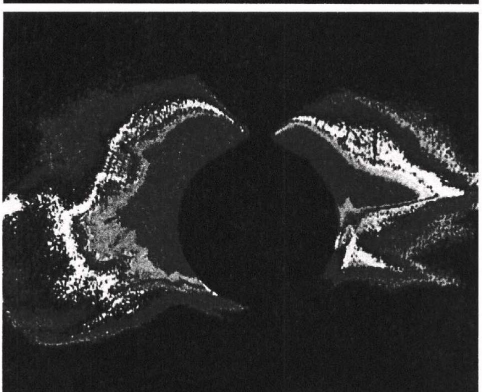
شكل (١٠-١٢) كورونا الشمس. نلاحظ خروج الأشعة بدرجات متفاوتة في الاتجاهات المختلفة.

البقع الشمسية:

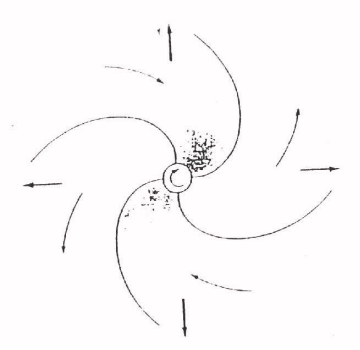
توجد على الشمس بقع داكنة اللون تتكون وتنتشر ما بين ٣٠ درجة شمال وجنوب خط الاستواء، أنظر الأشكال(١٠-١٥ و١٠-١٦ و ١٠-١٧و ١٠-٢٢) ، ثم تتحرك لتختفي عند خط الاستواء وتستمر دورة البقع الشمسية حوالي ١١ سنة ، أنظر شكل(١٠-٢٣) . وكما في شكل(١٠-٢٤) ، تبلغ درجة الحرارة في البقع ٤٠٠٠ درجة مطلقة فهي بذلك أبرد مما حولها ولذلك تبدو قاتمة اللون . والمجال المغناطيسي داخل البقع أشد مما هو في الوسط المحيط بألف مرة .

ويقدر عمرالبقعة الشمسية الواحدة بمقدار يتراوح ما بين عدة ساعات إلي عدة أشهر وهي تتكون من منطقة ظل ومنطقة شبه ظل ومن حيث الحجم فإن غالبية البقع الشمسية تزيد في حجمها عن الأرض . وهكذا فإن أي بقعة شمسية قادرة علي ابتلاع كوكبنا ومعه يزول كل كبرياء الإنسان . ويبلغ قطر بعض البقع الشمسية أكثر من ٥٠ ألف كم . وللبقع الشمسية حركة ذاتية ولكنها صغيرة جدا إذا ما قورنت بحركة الشمس حول نفسها . ومن النقاط المحيرة أن دورة البقع الشمسية ليست ثابتة بل تتراوح ما بين ٨ - ١٦ سنة فهل هذا يعني أن الشمس متغيرة ؟ هذه واحدة من المبهمات التي لا نعرفها عن الشمس وقد لوحظ أن عدد البقع الشمسية قد يصل عند أوج النشاط الشمسي إلي ١٠٠ بقعة ويقل بحيث لا نري بقعا علي الإطلاق عند الحد الأدني لدورة البقع الشمسية كما في شكل(١٠-٧) . وتبلغ قوة المجال المغناطيسي في طبقة الفوتوسفير نفسها عدة جاوسات بينما داخل البقع الشمسية تزيد قوة المجال المغناطيسي إلي ١٠٠ - ٤٠٠٠ جاوس ، وفي الحقيقة فإن المجال المغناطيسي يزداد مع حركة الشمس الدورانية خاصة بالقرب من خط الاستواء ، وفي أماكن زيادة المجال المغناطيسي تظهر البقع الشمسية. ونلاحظ أن البقع تحتفظ في الدورة الواحدة باتجاه واحد للمجال المغناطيسي وتتحرك كل بقعتين معا بحيث تكون إحداهما شمالية القطب والأخرى جنوبية القطب وبذلك تمتد خطوط المجال المغناطيسي من





شكل
(١٠ - ١٣)
الصورة العليا للكورونا وقد أخذت في فترة كسوف الشمس. والصورة السفلى أخذت من الفضاء حيث وضع قرص أمام الشمس وبالتالي أمكن تصوير غلاف الشمس. الألوان في الصورة السفلى تعبر عن درجات مختلفة في اللمعان.

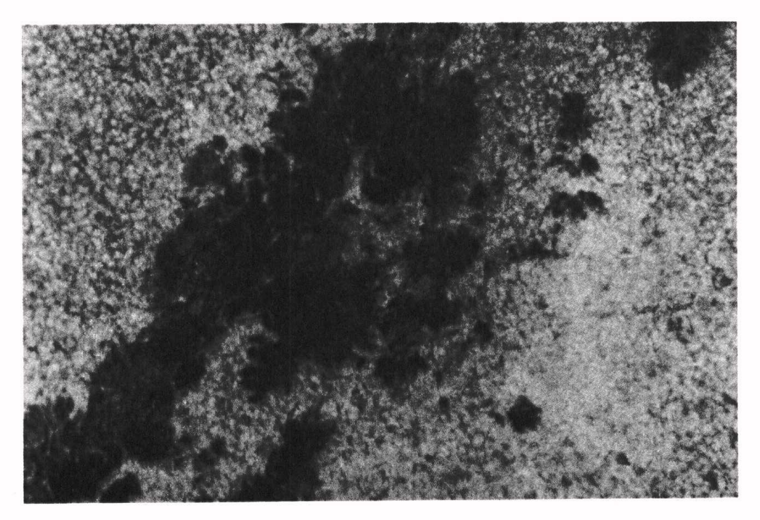


شكل
(١٠ - ١٤)
طريقة حركة الرياح الشمسية

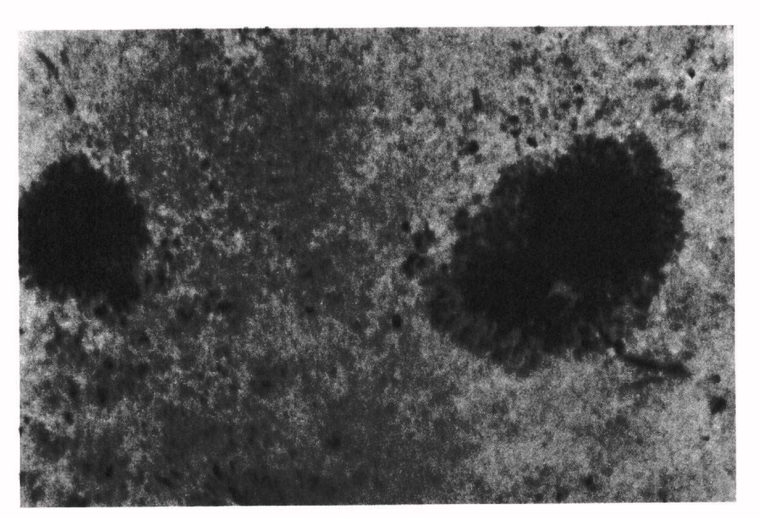
البقع الشمالية إلي البقع الجنوبية . وفي الدورة التالية تعكس البقع اتجاه أقطابها بحيث تصبح الشمالية مكان الجنوبية والعكس كذلك كما هو مبين في شكل(١٠-٢٥) . وبالتالي يمكننا القول إن المجال المغناطيسي يأخذ ٢٢ سنة حتى يعود إلى شكله الأصلي ، وحينما يكون عدد البقع الشمسية أكبر مايمكن تخرج قذائف من الغازات المشحونة والأشعة الضوئية وفوق البنفسجية والسينية وتعرف بالتأجج الشمسي أو الوهج الشمسي Flares ، أنظر شكلا(١٠-١٩ و ١٠-٢١) ، وسببها أن خطوط المجال المغناطيسي المنثنية تحاول أن تعيد تنظيم نفسها فينتج عن ذلك أن تتولد كمية ضخمة من الحرارة مما يتسبب في هذا القذف العالي من اللهب إلى الفضاء الخارجي. وعند لحظة الانفجار فإن المادة المصاحبة للوهج الشمسي تسخن إلي درجة حرارة ١٠ مليون درجة مطلقة ولذلك يخرج تيار قوي

شكل (١٠-١٥) مجموعة من البقع الشمسية وقد صورت عدة مرات لتتبع دوران الشمس حول نفسها من خلال رصد الحركة الظاهرية للبقع.

من الأشعة السينية وفوق البنفسجية مع رياح الشمس . ويمكث الوهج الشمسي ٥-١٠ دقائق لينتهي ويظهر غيره وهكذا . إلا أن الوهج الشمسي الكبير قد يستمر عدة ساعات ، وكمية الطاقة التي تخرج من الوهج الشمسي الواحد تعادل ما تنتجه مليون قنبلة هيدروجينية معا . أما مصدرها والميكانيكية التي تؤدي إلي خروج الوهج الشمسي فغير معلومة ولكنها تعبر عن تحرر للطاقة التي حبسها المجال المغناطيسي . وتمكث الحمم الشمسية prominances عدة ساعات أو عدة أيام وتمتد إلي ارتفاعات تبلغ ١٠ آلاف كم فوق سطح الشمس وبعضها يصل إلي ارتفاع مليون كم فوق سطح الشمس ، ومصدر الحمم الشمسية أيضا مجهول وإن كان من المعلوم أنها تخرج من مناطق قريبة من البقع الشمسية بحيث تكون في الحدود بين المناطق المتعاكسة من حيث القطبية المغناطيسية . وتظهر كذلك سحب لامعة في الكروموسفير حول مناطق البقع الشمسية وهي ما تعرف بصياخيد الشمس plages or faculae وهي مناطق تغير فيها الذرات مستوي تأينها أو انفعالها بحيث تشع كمية من الضوء أكثر من الوسط المحيط بها .



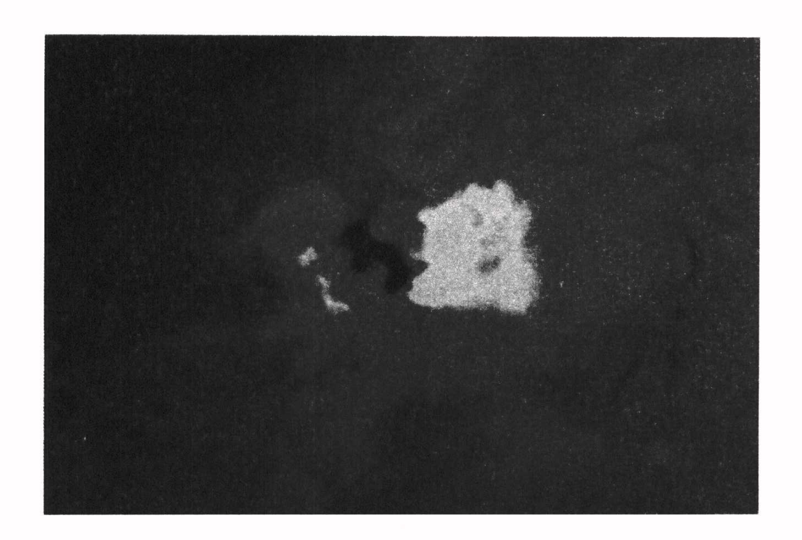
شكل (١٠-١٦) حشد من البقع الشمسية والتي يتولد عنها أغلب الأنشطة الشمسية . وتنشأ البقع الشمسية بتأثير المجال المغناطيسي للشمس.



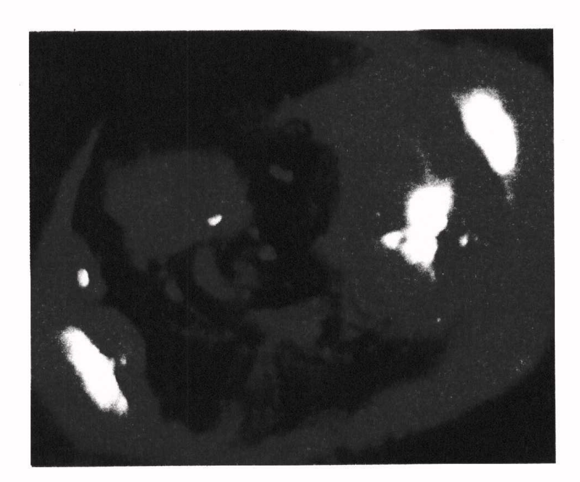
شكل (١٠-١٧) تظهر البقع الشمسية في شكل أزواج . المنطقة المركزية من بقع الشمس تكون داكنة وتحيط بها منطقة شبه ظل.



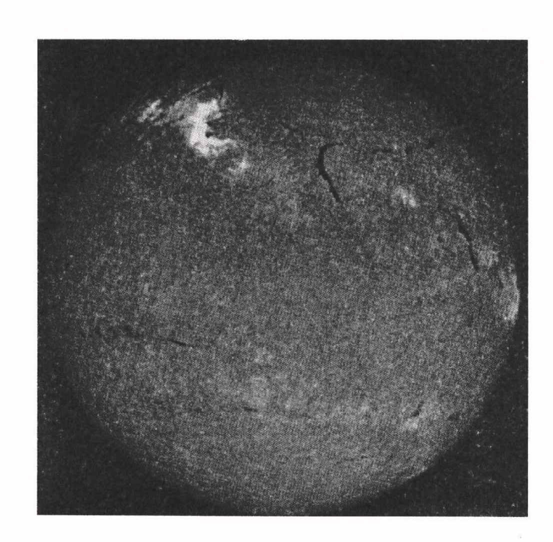
شكل (١٠-١٨) الشواظ الشمسي spicules كما يظهر في طبقة الكروموسفير. وهو عبارة عن عواميد من الغاز اللامع والناتج عن المجال المغناطيسي للشمس، ويتحرك الشواظ على سطح الشمس بشكل يبدو غير منتظم.



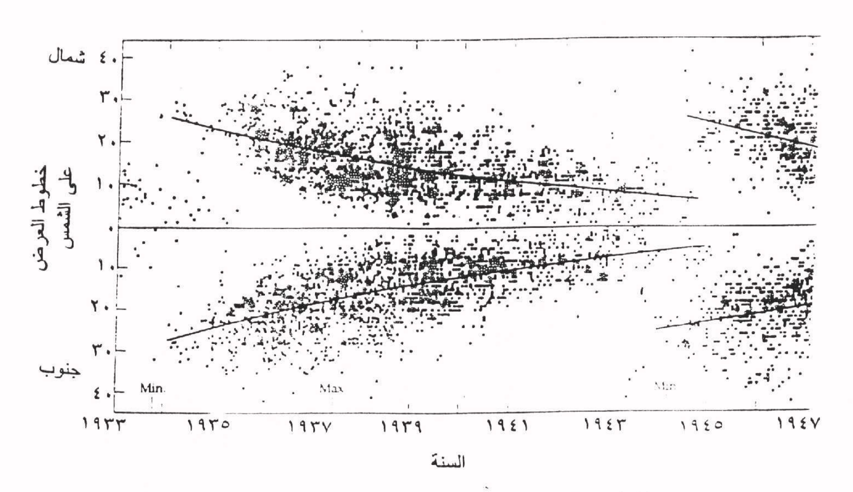
شكل (١٠-١٩) وهج شمسي عملاق Giant flare ويظهر بلون اصفر لامع وقد تم تصويره في ٦ مارس ١٩٨٩. تسبب هذا الوهج في حدوث شفق قطبي على الأرض.



شكل (١٠-٢٠) صورة للشمس في الأشعة السينية. المناطق الداكنة حيث لا توجد أشعة سينية وهي ما تعرف بثقوب الكورونا ، وهي مناطق باردة وهادئة في الكورونا.



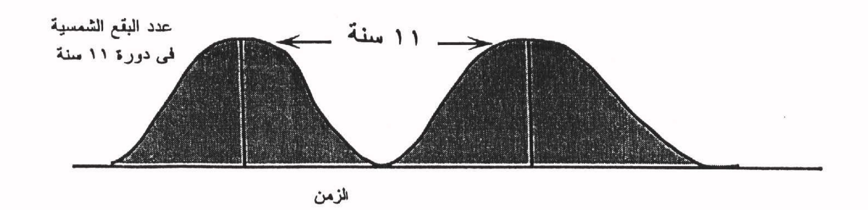
شكل (١٠-٢١) وهج شمسي يظهر في أعلى قرص الشمس كما تظهر حمم شمسية من الغازات بلون داكن في الفوتوسفير.



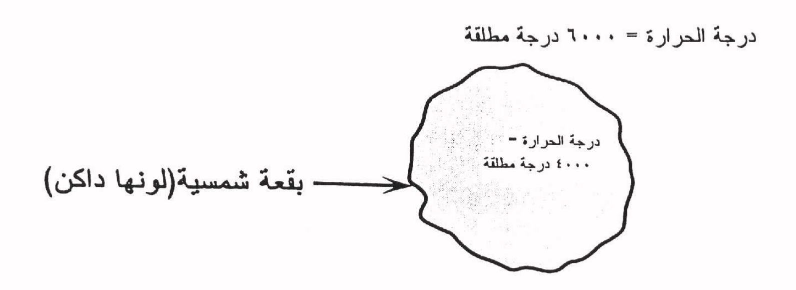
شكل (١٠-٢٢) منطقة انتشار البقع الشمسية حول خط الاستواء على الشمس.

تأثير أشعة الشمس على الأرض:

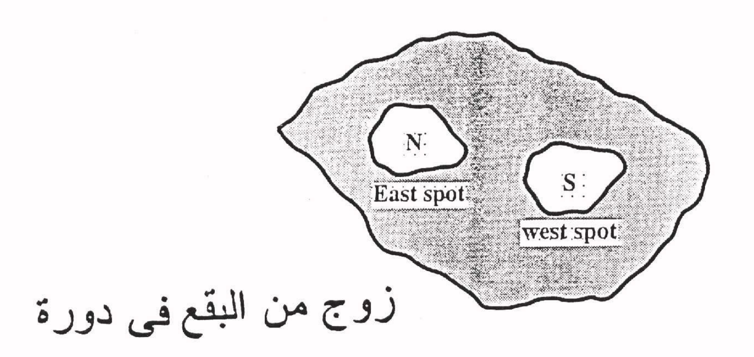
إذا حدث أن كانت الأرض في مقابل منطقة انبعاث رياح شمسية فإنها في ذلك الوقت تواجه بكمية كبيرة من الرياح الشمسية ونلاحظ بعد ثلاثة أيام تعطل الاتصالات الراديوية وحدوث الشفق القطبي بشكل قوي كما أن المناخ يتأثر كذلك ومن الأمثلة على تأثر المناخ أنه قد تم تسجيل حـــدوث نقص في نزول الأمطار كل ١١ سنة وتغير في الحرارة بحيث كان هناك برد قارس في أوروبا ، كما أن نطاق المجال المغناطيسي للأرض يتأثر بشدة بالنشاط الشمسي وكذلك طبقة الأيونوسفير، ويتأثر التركيب الكيميائي لطبقات الجو العليا بكمية الأشعة فوق البنفسجية التي تصله من الشمس .

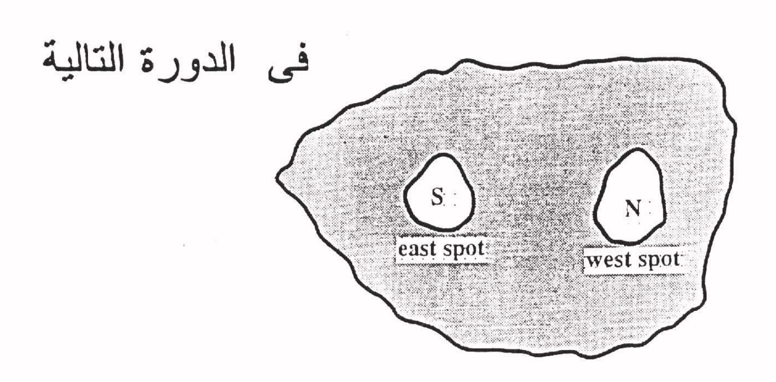


شكل (١٠-٢٣) تستغرق دورة البقع الشمسية ١١ سنة في المتوسط.



شكل (١٠-٢٤) بقعة شمسية. المجال المغناطيسي داخل البقعة يزيد الف مرة عن خارجها ودرجة الحرارة داخلها أقل بألفي درجة مطلقة عن الوسط المحيط، ولذلك تظهر البقة بلون داكن.





شكل (١٠-٢٥) بقعتان مزدوجتان تظهران في دورة بحيث تكون الأولى موجبة والثانية سالبة، وفي الدورة التالية تعكس البقعتان إشارتيهما ولذلك فإن دورة المجال المغناطيسي تبلغ ٢٢ سنة.

الطاقة النووية

تعتبر التفاعلات النووية مصدر الطاقة التي تجعل الشمس مستمرة في الإشعاع كما نراها ، وتختلف التفاعلات النووية في النجوم حسب كتلها وحسب عمرها. وحيث إن عنصر الهيدروجين هو العنصر الأساسي في الكون وفي الشمس كذلك لذا فهو يلعب دورا مهما في إنتاج الطاقة اللازمة لحياة الشمس . والتفاعلات النووية إما أن تكون اندماجية أو انشطارية . وفي الشمس والنجوم تكون التفاعلات النووية اندماجية . والتفاعلات النووية لا تحدث إلا في لب الشمس حيث تكون الظروف من حيث الحرارة والضغط ملائمين لها ، ويمكن أن نلخص التفاعلات النووية التي تحدث في لب الشمس فيما يلي:

أ- تتحد نواتا ذرتي هيدروجين لتكونا نواة ديوتيريوم

$$^{1}H + {}^{1}H \text{ -----------> } {}^{2}H + e^{+} + \quad v$$

وتخرج أشعة نيوترينو v وبوزيترون e^{+} والذي يصطدم بدوره مع إلكترون فيفنى الاثنان ويتحولا إلى أشعة جاما ، وبعد ١٠ مليون سنة تجد هذه الأشعة طريقها إلى سطح الشمس .

ب- يتحد بروتون مع نواة الديوتيريوم ليكونا نواة هيليوم -٣ تحتوي على بروتونان ونيوترون ، وفي هذا التفاعل تخرج كمية أكبر من أشعة جاما

$$^{2}H + {}^{1}H \text{ -----------> } {}^{3}He + \quad v$$

ج - تتحد نواتا هيليوم -٣ لتكونا ذرة هيليوم -٤ (وهو عنصر الهيليوم المستقر الذي نعرفه في حياتنا) على الشكل التالي:

$$^{3}He + {}^{3}He \text{ -----------> } {}^{4}He + 2\,{}^{1}H$$

وتدخل نواتا الهيدروجين المتبقيتان في تفاعلات نووية أخرى ، ونفهم من الخطوات السابقة أن أربع ذرات هيدروجين تتفاعل لتكون ذرة هيليوم ، وكتلة ذرتي الهيدروجين والهيليوم هما ١,٠٠٧٨٢٥ و ٤,٠٠٢٦٨ كتلة ذرية على التوالي ، ولذلك فإن كتلة الأربع ذرات هيدروجين = ٤,٠٣١٣ وحدة كتلة أي تزيد عن كتلة ذرة الهيليوم بمقدار ٠,٠٢٨٦٢ وحدة كتلة، وهذا يعني أنه يحدث فقد في الكتلة ومقداره، $\frac{٠,٠٢٨٦٢}{٤,٠٠٢٦٨}$ = ٠,٠٠٧ من الكتلة الأصلية ، وهذا المقدار المفقود يتحول إلى طاقة تشعها الشمس ، فإذا كانت كتلة الشمس ٢×١٠^{٣٣}جرام وبفرض أن اللب الذي تحدث فيه التفاعلات النووية يبلغ عشر كتلة الشمس فإن كمية الكتلة التي تتحول إلى طاقة في داخل الشمس يبلغ ٠,٠٠٧ × ٢ $\times ١٠^{٣٢}$جرام، ومن قانون أينشتين لتحول الكتلة إلى طاقة نجد أن كمية الطاقة التي يمكن أن تشعها الشمس في فترة تحول الهيدروجين إلى هيليوم = $١,٤ \times ١٠^{٣٠} \times (٣\times١٠^{١٠})^{٢} = ١,٣ \times ١٠^{٥١}$ إرج .

وحيث إن الشمس تشع ما مقداره ٤×١٠^٣٣ إرج في الثانية ،لذلك فإنها تستطيع أن تستمر في الإشعاع لمدة ٣,٢ ×١٠^١٧ ثانية أي حوالي ١٠ بليون سنة تقريبا ، وهذا هو العمر المقدر للشمس أن تستمر خلاله تشع بنفس القدر الذي تشع به الآن ، ويقدر العلماء أن الشمس في منتصف عمرها في الوقت الحالي أي في مرحلة الشباب من حياة النجوم .

تسمى دورة التفاعلات النووية التي تحدث في لب الشمس بدورة بروتون – بروتون ، وفي النجوم الساخنة تحدث دورة أخرى للتفاعلات النووية تسمى دورة الكربون – النيتروجين – الأكسجين وتكتب اختصارا C N O .

إن مؤدي التفاعلات النووية التي تحدث داخل الشمس أن كل ٤ ذرات هيدروجين تتلاحم لتكون ذرة هيليوم وعلي هذا فالشمس مصنع كوني كبير يصنع الهيليوم من الهيدروجين وهذه العملية التي تتم في باطن الشمس مازال الإنسان عاجزا أن يفعلها وهو حلم جميل يسعي الإنسان أن ينجح في تقليد هذه الآية الكونية العجيبة والتي تسميها النجوم حيث تندمج نويات العناصر الخفيفة لتكون عناصر أثقل وتنتج عن هذه التفاعلات كميات هائلة من الطاقة لتعيش منها النجوم كمصادر للضوء بلايين السنين . ولو تيسر للإنسان هذا المصدر من الطاقة بطريقة سهلة آمنة فإن البشرية ستكون قد خطت خطوة كبيرة في عالم التقدم والرفاهية .

ملخص :

١ - تتكون الشمس من لب - منطقة انتقال الحرارة بالإشعاع - منطقة انتقال الحرارة بالحمل وسطح الشمس هو الفوتوسفير وغلاف جوي من الكروموسفير - المنطقة الإنتقالية - الكورونا.

٢ - تتحرك مادة الشمس حول نفسها عند خط الاستواء بسرعة عالية وتكون السرعة أبطأ كلما إتجهنا إلى قطبي الشمس.

٣ - الشمس في حالة اتزان هيدروستاتيكي.

٤ - البقع الشمسية هي منبع مختلف الأنشطة الشمسية.

٥ - دورة البقع الشمسية ١١ سنة في المتوسط ودورة المجال المغناطيسي الضعف.

٦ - إختلاف حركة مادة الشمس من مكان لآخر هو الذي تسبب في تعقد المجال المغناطيسي للشمس.

٧ - يوجد أنشطة شمسية متعددة وأهمها الوهج والحمم والشواظ.

٨ - توجد ثقوب في الكورونا.

٩ - تزداد درجة الحرارة لتصل إلى ١٥ مليون درجة مطلقة في لب الشمس وتقل لأقل قيمة لها في الفوتوسفير ثم تزداد لعدة ملايين في الكورونا.

١٠ - تنتشر البقع الشمسية ما بين خط الاستواء وخط عرض ٤٠ جنوباً وشمالاً.

١١ - لأشعة الشمس تأثيرات متعددة على الأرض ولم نفهم سوى بعضها.

١٢ - مصدر الطاقة في الشمس هو التفاعلات النووية والمعروفة بدورة بروتون - بروتون .

١٣ - مؤدي التفاعلات النووية في لب الشمس أن تندمج نويات أربع ذرات من الهيدروجين لتكوين ذرة هيليوم .

أسئلة الباب العاشر

١ – ما الفروق بين : النجم – الكوكب – القمر – المذنب ؟

٢ – مامعنى الاتزان الهيدروستاتيكي ؟

٣ – ما تركيب الشمس الداخلي ؟

٤ – اذكر بعض الأنشطة الشمسية .

٥ – ماذا تعرف عن البقع الشمسية ؟

٦ – مع ازدياد النشاط الشمسي تحدث تغيرات في كوكبنا بين ذلك .

٧ – بين تغير درجات الحرارة في طبقات الشمس المختلفة .

أجب بصح أو بخطأ ثم صوب الخطأ :

١ – طبقة الفوتوسفير تمثل سطح الشمس لأن درجة حرارتها تصل لأدنى قيمة لها .

٢ – العنصر الأساسي في الشمس هو الهيليوم .

٣ – أسرع دوران لمادة الشمس يكون عند خط الاستواء .

٤ – الرياح الشمسية تخرج من البقع الشمسية .

٥ – البقع قاتمة لأن مادتها في مستوى أقل مما يحيط بها .

٦ – دورة المجال المغناطيسي على الشمس تبلغ ١١ سنة .

٧ – التفاعلات النووية في الشمس انشطارية .

٨ – شرط الاتزان الهيدروستاتيكي غير متحقق في الشمس .

٩ – الشمس من النجوم الساخنة .

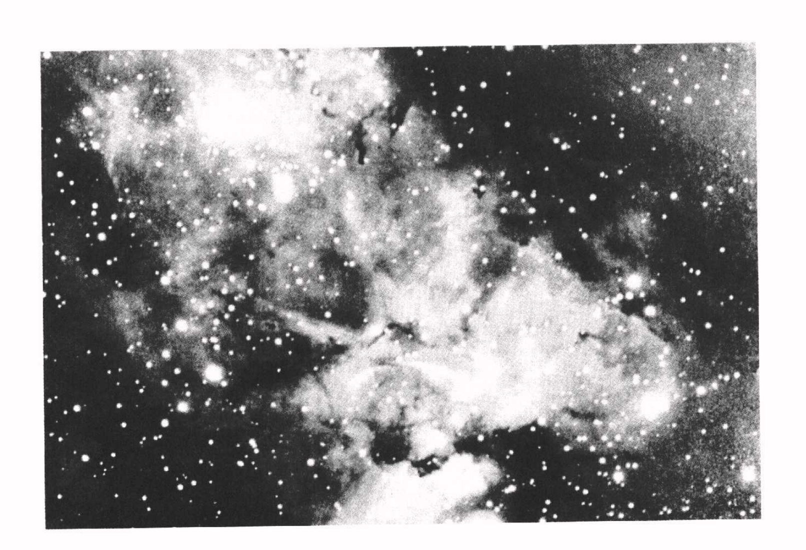
١٠ – لاتوجد أية تأثيرات للنشاط الشمسي على الأرض .

الباب الحادي عشر

النجــــوم

الباب الحادي عشر
النجوم

استنتج بالبرهان أن الكواكب تدور حول
الشمس بإنتظام والقمر يدور حول الأرض. إبن
الشاطر (ولد سنة ٧٠٤ هجرية)



شكل (١١-١) تنتشر النجوم في السماء داخل تجمعات كبيرة.
وفي الشكل سحابة بين نجمية حديثة التكوين

يتكون الباب الحادي عشر من خمسة فصول :

١ – خواص أساسية للنجوم وفيه ندرس أنواع النجوم وبعض خصائصها.

٢ – النجوم المتغيرة .

٣ – فكرة مختصرة عن تركيب النجوم وما يدور بداخلها من تفاعلات نووية .

٤ – مهد النجوم وهي السحب البين نجمية وهي سحب ضخمة يحدث انكماش في جزء منها ليكون النجوم .

٥ – قصة حياة النجوم وهي من المواضيع المثيرة والمليئة بالمعجزات حيث نستعرض تفاصيل حياة الشمس وكيفية تطورها في المستقبل وكذلك تطور النجوم الكبيرة وأخيرا نتعرف علي النهاية التي يمكن أن تنتهي إليها النجوم من أقزام بيضاء ونجوم نيوترونية وثقوب سوداء .

الفصل الأول
خواص أساسية للنجوم

إن عالم النجوم كبير متنوع مليء بالأسرار والعجائب التي غيرت من تصورات الإنسان وحينما ينظر أحدنا إلى السماء في ليلة صافية فسوف يرى أعدادا كبيرة من النجوم ، وإذا نظر من خلال عدسة التلسكوب فإن عدد مايراه من نجوم سيزيد بشكل هائل . ونحصل على المعلومات المخـتلفة عن النجوم من خـلال تسجيل حركتـها (السنوية) أو من خلال دراسة الطيف الصادر عنها والذي قد يدل على حركتها بالإضافة إلي درجة لمعانها ودرجة حرارتها بل وتركيبها أيضا . وتوجد ثلاث طرق للرصد :

١- قياس موقع النجم

٢- قياس لمعان النجم

٣- قياس طيف النجم.

قسم الأقدمون النجوم من حيث اللمعان إلي اقدار بحيث تكون النجوم اللامعة من القدر الأول (+١) والأقل لمعانا من القدر الثاني (+٢) وهكذا حتي أخفت النجوم التي رصدوها كانت من القدر السادس وهي أقصي حدود الرصد بالعين البشرية وبعد ظهور التلسكوبات أصبحت لدي الإنسان القدرة علي رصد نجوم خافتة جدا حتي قدر (+٣٠) باستخدام تلسكوب هابل . كما تم اعتبار أقدار بالسالب لتعبر عن نجوم أشد لمعانا وبهذا فإن القمر يكون من القدر (-١٣) وكلما زاد اللمعان كان القدر ذا رقم أصغر بالسالب .

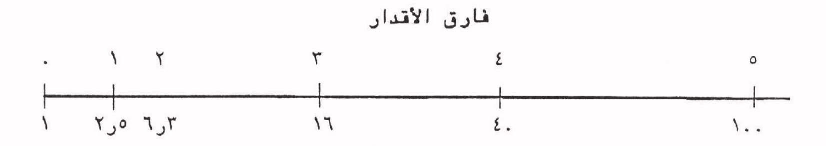
وإذا عرفنا اللمعان luminosity : بانه يمثل كمية الطاقة التي تنبعث من النجم في الثانية الواحدة ، فإنه توجد لدينا معادلة بسيطة تمكننا من قياس لمعان النجم بمعلومية قدره magnitudeوبالعكس ، فقد وضع مقياس لأقدار النجوم بحيث إن نسبة اللمعان لنجمين تساوي ٢٫٥١٢ مرفوعة لأس مساو للفرق بين قدريهما ، فلو افترضنا أن القدر المطلق واللمعان لكل من الشمس ونجم آخر هما على التوالي: ق١ ، ل١ ، ق ، ل فإن نسبة لمعانهما ل/ل١ تحسب بالعلاقة ،

$$\frac{ل}{ل١} = (٢٫٥١٢)^{ق-ق١}$$

ويعتبر الفلكيون أن قدر ولمعان الشمس هما الوحدة لبقية النجوم ولذلك تبسط المعادلة السابقة إلى :

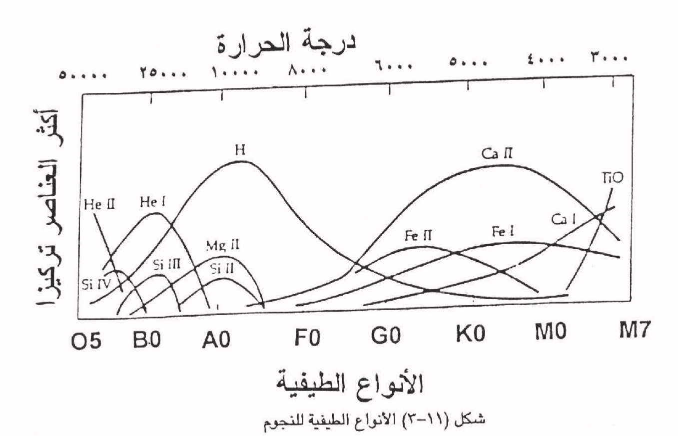
$$ل = (٢٫٥١٢)^{ق-١}$$

فإذا كان نجمان لهما نسبة لمعان $(٢٫٥١٢)^{٤}$ فإن نسبة أقدارهما هي ٥ :١ بحيث يكون النجم الأول من القدر ١ والثاني من القدر ٥ كما هو مبين في شكل (١١-٢). وبالطريقة نفسها يمكن حساب الأقدار لأي نجم من معرفة درجة لمعانه أو بمعني أصح من (قدرته الإشعاعية)، فأقدار النجوم تقل بتزايد لمعان النجوم والعكس صحيح .



نسبة اللمعان

شكل (١١-٢) العلاقة بين نسبة اللمعان وفارق القدر



شكل (١١-٣) الأنواع الطيفية للنجوم

القدر الظاهري Visual magnitude:

وللنجوم قدر ظاهري وهو الذي نرصده لها ، وبالطبع فإن الشمس لها أكبر قدر ظاهـري -٢٦ر٧٤ ووبيلـغ القدر الظاهري للقمـر – ١٢ر٧٣ قـدرا والمريـخ – ٢ر٠٢قـدرا أمـا بلوتـو فلـه قـدر ظـاهـري مـقداره + ١٤ر٩ والعين البشرية لا تستطيع أن ترى نجـوما أقل من القدر السـادس . والإشـارة السالبة تعني قدرا أصغر بينما الموجبة تعني قدرا أكبر . ومن المعروف أن عدد الألكترونات التي تفقدها الذرة تعتمد على درجة الحرارة وبالتالي فإن النجوم الساخنة سيكون طيفها معبرا عن غاز متأين بينما النجوم الباردة سيظهر طيفها ليعبر عن غاز تكون نسبة الأيونات فيه قليلة . وتغير مقدار التـأين يعني تغيـر نوع الطيف للنجم. فـالطيف من النوع O يعني أنه ناشيء عن هيليـوم متـأين وبالتـالي فـإن درجـة الحـرارة تكون ٥٠ ألف درجـة مطلقـة أمـا الطيف من النوع M فـهـذا ناتج عن جزيئات ودرجة الحرارة لهذا النجم تكون ٤ آلاف درجة مطلقة ويمكن تقسيم النجوم تبعا لطيفها إلى الأنواع O, B, A, F, G, K, M بحيث إن أعلاها حرارة من النوع O وأبردها يكون من النوع M والمفـروض أن القدر من الخـواص الملازمـة للنجم ، فـإذا حدث تغيـر للقدر فـهـذا يعني أن النجم من

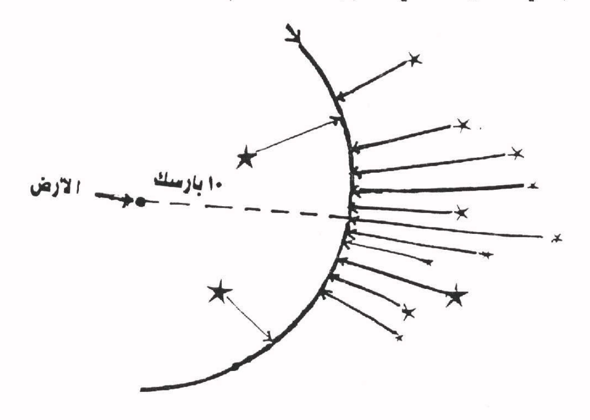
النجوم المتغيرة أو الموجود في نظام ثنائي ٠ ولا نستطيع من خلال القدر الظاهري للنجوم أن نحكم علي شخصيتها. فقد يكون القدر الظاهري لنجم كبيرا لقربه منا بينما القدر الظاهري لنجم بعيد عنا صغيرا وهو في الأصل لامع، ولذلك تعارف الفلكيون علي قدر آخر أسموه القدر المطلق.

القدر المطلق Absolute magnitude :

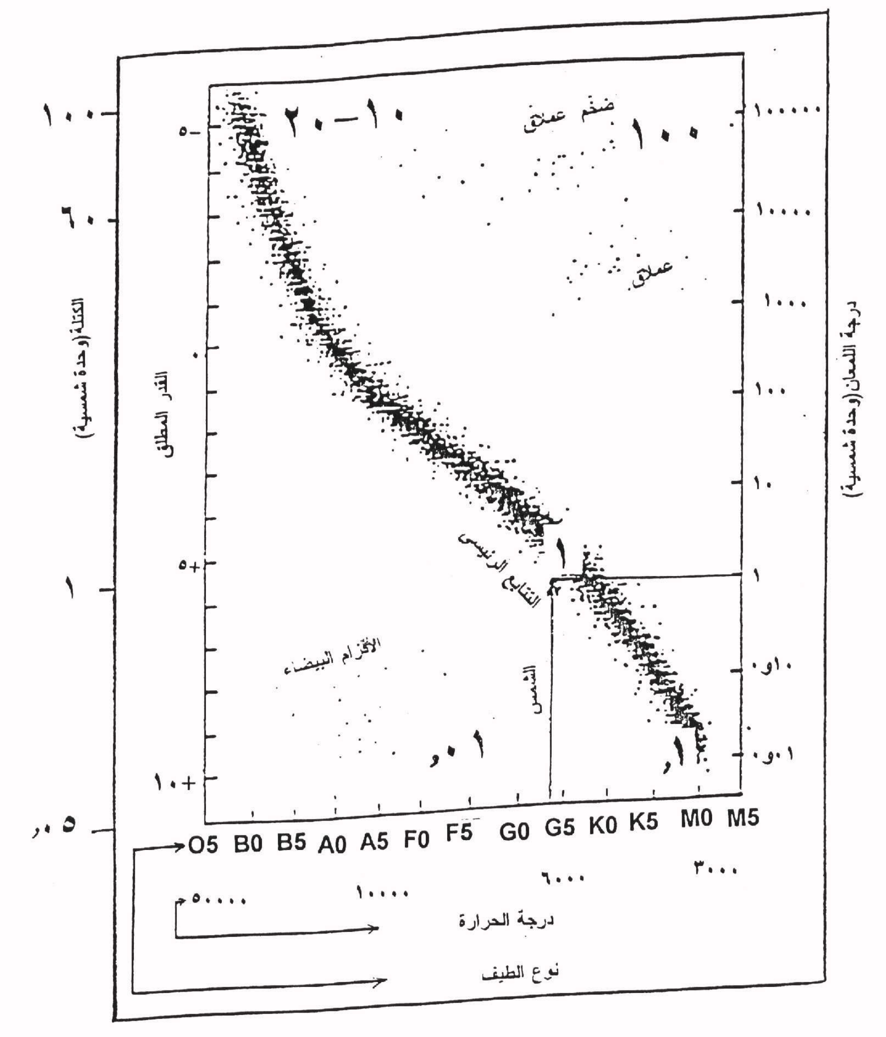
إذا تصورنا كرة نصف قطرها ١٠ بارسك والأرض في مركزها وافترضنا أن كل النجوم قد وضعت على سطح هذه الكرة فإن القدر الذي نرصده لهذه النجوم سوف نسميه القدر المطلق وجدول(١١-١) يبين القدر المطلق لمجموعة من الأجسام ونلاحظ من الجدول ، أن الشمس إذا وضعت عند مسافة ١٠ بارسك فإنها تبدو نجما خافتا من القدر الخامس تقريبا ٠ ومن الواضح أن الكوازار هو ألمع جسم في السماء، وهو عبارة عن مجرة حديثة التكوين ، والمجرات ألمع من النجوم ، فالمجرة تحوي حوالي ١٠٠ بليون نجم ، ورغم ذلك نلاحظ أن السوبرنوفا وهي نجم في حالة إنفجار تبدو بلمعان يقرب من لمعان المجرات ، وهذا يدل علي مدي عنف الإنفجار. وكما هو واضح من الجدول أننا إذا وضعنا القمر عند مسافة ١٠ بارسك فستصبح رؤيته أمرا صعبا حتي بأحدث التلسكوبات . وهكذا فمن الواضح أن القدر المطلق يمكن استخدامه كوسيلة للحكم علي الوضع الحقيقي للنجم إن كان لامعا أم لا .

جدول (١١-١) القدر المطلق لبعض الأجرام

الجسم	القدر المطلق
كوازار	- ٢٨
ألمع مجره	- ٢٥
درب التبانة	-٢٠,٥
سوبر نوفا	-١٨,٨
الشمس	+ ٤,٨٣
الزهرة	+ ٢٨,٢
القمر	+ ٣١,٨



شكل (١١-٤) القدر المطلق . نتصور وضع النجوم على دائرة نصف قطرها ١٠ بارسك ويسمى القدر حينئذ بالقدر المطلق



شكل (١١-٥) شكل هرتز برنج - رسل H-R . الأرقام داخل الرسم تعبر عن نصف قطر النجم بالنسبة لنصف قطر الشمس

شكل هرتزبرنج - رسل (H-R):

يعتبر هذا الشكل من أهم الوسائل التي تساعد في معرفة بعض المعلومات الهامة عن النجوم. فلو رسمنا القدر المطلق مع نوع الطيف لنجوم مختلفة لوجدنا أن غالبية النجوم تنتظم في شريط يمتد من أعلي اليسار إلي أسفل اليمين بحيث يكون النجم الذي له قدر مطلق صغير من النوع الطيفي O بينما النجوم الخافتة من النوع M لها أكبر قدر مطلق علي هذا الشريط ، سمي الفلكيون هذا الشريط بالتتابع الرئيسي . ونلاحظ أن الشمس تقع على التتابع الرئيسي وطيفها من النوع G2. وقد لاحظ الفلكيون أنه توجد نجوم أعلي التتابع الرئيسي وتسمى بالنجوم العملاقة ونجوم أخرى تحت التتابع الرئيسي وإلي اليسار وتعرف بالأقزام البيضاء. والنجوم العملاقة قد تكون عملاقة عادية أوعملاقة ضخمة . ومن حيث نصف القطر فإن النجوم على التتابع الرئيسي يتراوح نصف قطرها من ٠.١ من نصف قطر الشمس للنجوم من النوع M إلى ١٠ – ٢٠ مرة مثل نصف قطر الشمس في النجوم من النوع O . أماالنجوم العملاقة فقد يزيد نصف قطرها على ١٠٠ نصف قطر شمسي، ونجوم الأقزام البيضاء هي بحق أقزام لأن نصف قطرها يصغر عن نصف قطر الشمس بحوالي ١٠٠ مرة على الأقل . وأما عن كتل النجوم فإنها تتراوح مابين ١٠٠ – ٠,٠٥ كتلة شمسية كما هو مبين في جدول (١١–٢). وبمعرفة كلا من قدري النجم المطلق والظاهري يمكن حساب بعد النجم ومعلومات أخري عنه ، فبافتراض أن القدرين الظاهري والمطلق لنجم هما ق ظ ، ق م على التوالي فإن نسبة اللمعان الظاهري ل(ر) عند مسافة ر إلى اللمعان المطلق ل(١٠) تحسب بالعلاقة :

$$\text{ق ظ} - \text{قم} = ٢,٥ \ \text{لو}\left(\frac{\text{ل}(١٠)}{\text{ل}(\text{ر})}\right) ،$$

ولكن من قانون التربيع العكسي للضوء :

$$\frac{\text{ل}(١٠)}{\text{ل}(\text{ر})} = \frac{(\text{ر})^{٢}}{١٠٠}$$

، ولذلك يمكننا حساب البعد لأي نجم بمعرفة القدرين الظاهري والمطلق باستخدام العلاقة التالية :

$$\text{ق ظ} - \text{قم} = ٥ \ \text{لو}\left(\frac{\text{ر}}{١٠}\right)$$

كما أننا نستطيع من خلال الشكل (H-R) معرفة الكثير من المعلومات عن خصائص النجوم ، فإذا عرفنا أن نجما ما من نجوم التتابع الرئيسي وأنه من النوع A مثلا فنستطيع من خلال الشكل (H-R) أن نتعرف علي بقية خواصه الموضحة في شكل (١١–٥) وهي أن درجة حرارة سطحه تبلغ ١٠ آلاف درجة مطلقة وقدره المطلق (+١) ودرجة لمعانه تزيد عن ١٠٠ لمعان شمسي . كما يمكن كذلك من خلال الشكل (H-R) التعرف علي كتلة النجم وحجمه . وتمثل النجوم الموجودة علي التتابع الرئيسي أنواعا حقيقية للنجوم أما النجوم فوق وأسفل التتابع الرئيسي فإنها كانت في فترة ما من حياتهـا موجودة علي التتابع الرئيسي ثم تركته لتدخل في مراحل متقدمة من عمرها كما سنبين

ذلك عند شرح قصة حياة النجوم إن شاء الله . إن اكتشاف وجود علاقة بسيطة بين القدر المطلق والنوع الطيفي والمتمثلة في الشكل (H-R) كان من أهم الإكتشافات التي ساعدت علي التعرف علي الكثير من خصائص النجوم دون عناء كبير .

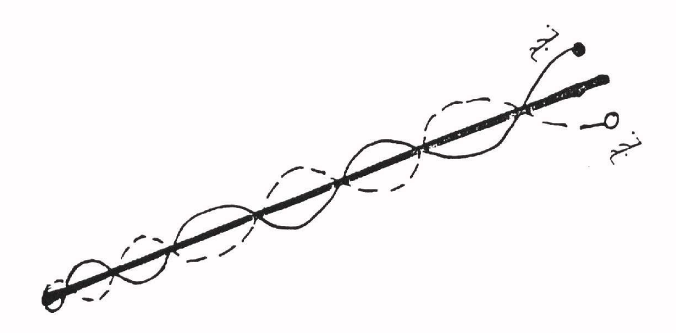
الخاصية	نجم لامع	الشـــمس	نجم خافـــت
الطيف	O	G	M
اللون	أزرق	أبيض مصفر	أحمـر
درجة الحرارة	٥٠ ألف	٦٠٠٠	٣٠٠٠
القدر	٥-	+ ٥	+ ١٠
نصف القطر	٢٠	١	١ر
الكتلة	١٠٠	١	٥ر٠

جدول (١١-٢) مقارنة بين ثلاثة نجوم مختلفة اللمعان

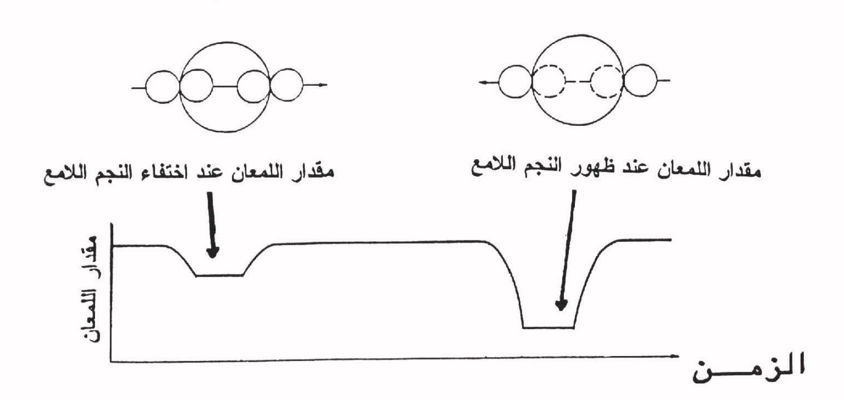
وفي جدول (١١ -٢) توجد بعض الخصائص الهامة لنجم لامع وآخر خافت في مقارنة مع الشمس ونلاحظ من الجدول أننا إذا اتجهنا علي التتابع الرئيسي نحو النجوم الساخنة فإن لون النجوم يميل إلي الأزرق كما أن درجة الحرارة واللمعان والحجم والكتلة جميعها تتزايد أما أذا تحركنا في اتجاه النجوم الباردة فإن لون النجوم يميل للحمرة كما أن كلا من درجة الحرارة واللمعان والحجم والكتلة تقل مع ملاحظة أن هذه المقارنة للنجوم وهي علي شريط التتابع الرئيسي ، أما إذا خرجت عنه فإن خصائص النجوم تحكمها تفاصيل أخري تجدها في قصة حياة النجوم . ويتضح مما سبق أن القدر المطلق من الصفات اللازمة والأساسية للنجوم ، فإذا كان النجم من النجوم التي دخلت في مرحلة تغير بحيث أصبح من النجوم المتغيرة ففي هذه الحالة يصعب تحديد القدر الأساسي للنجم قبل أن يصبح نجما متغيرا، ولتحديد ذلك لابد من دراسة بعض خواص النجم التي يمكن من خلالها تحديد تاريخه السابق ، ويمكن تقسيم النجوم المتغيرة إلي نوعين. نجوم متغيرة بشكل ظاهري ولكنها قد تكون مستقرة في حقيقتها وهي النجوم المزدوجة، ومنها النجوم المزدوجة الكسوفية والطيفية ، ونجوم متغيرة حقيقة ، حيث تحدث نوعا من النبض أو الإستعار المتغير بشكل دوري ، ولنبدأ بالتعرف علي النجوم المزدوجة أولا ثم نتبعها بدراسة النجوم المتغيرة .

النجوم المزدوجة Binary stars:

الكثير من النجوم في السماء موجودة في نظام ثنائي بحيث يتحرك النجمان حول مركز جاذبيتهما والذي يتحدد تبعا لكتلة النجمين ، كما أن هناك من النجوم ما يكون منفردا مثل الشمس ، ولذلك كانت أحد النظريات التي تحاول تفسير نشأة المجموعة الشمسية تقول أن الشمس كان لها نجم مصاحب ثم انفجر وكون الكواكب، ولكن لم تعد هذه النظرية مقبولة لعدم وجود شواهد لها. ولكنها بدأت من فكرة أن أغلب النجوم مزدوجة. وإذا كان النجمان من النجوم المزدوجة القريبة



شكل (١١-٦) حركة نجمين مزدوجين



شكل (١١-٧) مقدار اللمعان المشترك لنجمين مزدوجين

فإنه يمكن مشاهدة النجمين أثناء حركتهما حول مركز الكتلة لهما . أما اذا كان النجمان المــــزدوجان بعيدين عنـــا ففي هذه الحالة يمكن إســتــخدام أحد الطرق التالية في التعرف عليهما:

١- من خلال ملاحظة حركة النجمين أو أحدهما حول محور مركز الكتلة كما في شكل (١١-٧) وقد برزت أهمية هذه الطريقة في التعرف على الثقوب السوداء.

٢- من خلال ملاحظة تداخل طيفيهما أو حدوث انحراف في طيف أي منهما نتيجة للحركة المبينة في الشكل السابق .

٣- إذا كان النجمان من قدرين مختلفين فيمكن ملاحظتهما من خلال الطريقة التي يتغير بها القدر الذي نشاهده لهما ، وذلك حينما يــــكون الأكثر لمعانا أمام الأخفت يظهرالنجمان بشكل لامع. بينما إذا كان النجم الخافت أمام اللامع ظهرا بشكل خافت .

هناك العديد من الوسائل التي تستخدم في حساب خصائص النجوم كاللمعان والحجم وغيرها أما الكتلة فكيف يمكن التعرف عليها؟ لا توجد طريقة سهلة ومباشرة لحساب كتلة النجوم وأفضل وسيلة ممكنة هي من خلال النجوم المزدوجة حيث أن قوة الجاذبية بين جسمين تتحدد على أساس كتلتي الجسمين . فإذا رصدنا السرعة النسبية لأي من النجمين كنتيجة مباشرة لقوة الجاذبية فإننا بذلك يمكن أن نحدد كتلة النجمين في النظام المزدوج . وإذا كانت حركة النجمين في النظام المزدوج تجعلهما بالنسبة للمشاهد كنجم واحد يختفي أحدهما خلف الآخر فيسمي هذا النظام بالمزدوج الكسوفي وهو ذو أهمية كبيرة حيث يمكن من خلال خسوف أحدهما خلف الآخر يمكن حساب سرعة كل منهما حول مركزهما وبالتالي يسهل تحديد الكتل لهما وأحجامهما كذلك.

الفصل الثاني
النجوم المتغيرة

النجوم المتغيرة variable stars تمثل مرحلة من المراحل التي يعايشها النجم بحيث يحدث تغير في درجة اللمعان وفي الحجم وبمعنى آخر يمكننا القول إن النجم المتغير هو نجم دخل في مرحلة من عدم الاتزان الهيدروستاتيكي ولذلك فإننا حين نقوم بحساب القدر المطلق لمثل هذه النجوم ينبغي معرفة مقدار التغير في القدر وإلا فإننا بذلك سنرصد النجم الواحد بقدرين مختلفين حيث إن النجم يتمدد وينكمش كما في شكل (١١-٨) ٠

والنجوم المتغيرة إما نابضة pulsating بحيث تتغير في شدة لمعانها كوميض سيارات الإسعاف أو أن تكون منفجرة explosive مثل السوبرنوفا ، ويعتبر النجم النيوتروني neutron star أحد الأمثلة للنجوم النابضة ٠ ويضع الفلكيون النجوم المزدوجة في قائمة النجوم المتغيرة رغم أنها ممكن أن تكون في حقيقتها نجوما مستقرة وفي حالة اتزان هيدروستاتيكي ، ولكن في الظاهر تبدو متغيرة نتيجة دخول أحد النجمين أمام الآخر وتبادلهما في الظهور كما بينا من قبل ، ولذلك يظهر النجمان كنجم واحد متغير اللون (أو اللمعان) بينما هما في الحقيقة نجمان لهما لونان (أو لمعانان) مختلفان ، أما النجوم النابضة والمنفجرة فهي نجوم متغيرة حقيقة٠ وقد يكون أحد النجوم المتغيرة موجودا في نظام ثنائي مع نجم آخر غير متغير أو نجم عملاق مع آخر قزم أبيض وفي هذه الحالة نشاهد ظواهر فلكية مدهشة٠ تمثل النجوم المتغيرة إحدي المراحل التي قد يمر بها النجم أثناء تطوره ، فهي ليست من أنواع النجوم بقدر ما هي حالة من الاضطراب قد يدخل فيها النجم أثناء مراحل تطوره المختلفة ، وقد يكون النجم نابضا أحيانا وقد يكون منفجرا في أحيان أخرى.

النجوم النابضة Pulsating stars:

وهي نجوم تشع بدرجات متفاوتة في الأوقات المختلفة بحيث ترسل أشعة كثيرة في أوقات وتبدو خافتة في أوقات أخرى فتظهر لذلك كجسم نابض. وهناك أمثلة متعددة للنجوم النابضة ويحتوى جدول (١١ - ٣) أهم هذه الأمثلة ، وهي مختلفة من حيث الطيف ومن حيث دورة نبضها فمن الممكن أن نجد نجما ينبض مرة كل ٢٠٠٠ يوم ومنها ما ينبض مرة في اليوم ، فالنجوم القيفاوية Cepheid variables تتراوح فترات النبض لها من ثلاثة أيام إلى ٥٠ يوما ونجوم السلياق RR Lyrae variables تنبض في دورة تستغرق عدة ساعات فقط مما يعني أنها قصيرة الدورة . وإذا كانت نجوم السلياق تعرف بقصر الدورة فإن النجوم النيوترونية تنبض بسرعة عالية تبلغ حوالي ١٠٠٠ مرة في الثانية ، ويتضح من جدول(١١- ٣) أن هناك أشكالا متعددة من النجوم النابضة. وهي تعتبر في غاية الأهمية حيث تستخدم في قياس أبعاد المجرات والحشود النجمية التي تكون موجودة بها فحيث إن خواص هذه النجوم مدروسة بشكل جيد فيمكن التعرف على أي منها وذلك لأن هذه النجوم معلومة القدر المطلق، ويمكن التعرف عليها من دورة النبض ، فإذا رصدت في حشد ، فمن

قياس القدر الظاهري لها وبمعرفتنا السابقة لقدرها المطلق يمكن حساب بعدها وبالتالي بعد الحشد الذي توجد داخله. وتصبح النجوم نابضة إذا وصلت إلي المراحل الأخيرة من عمرها .فالأقزام البيضاء من النجوم التي تنبض مرة كل ٤ ثواني ، أما النجم النيوتروني فهو ينبض ١٠٠٠ مرة في الثانية الواحدة ، وهذا يدل على معدل من السرعة يصعب تخيله .

نوع النجم	النوع الطيفي	الدورة (يوم)	القدر المطلق
النجوم القيفاوية I	F -G عملاق ضخم	٣ الى ٥٠	– ٥ر١ الى –٥
النجوم القيفاوية II	F - G	٥ الى ٣٠	صفر الى – ٥ر٣
RV الثور	G - K	٣٠ الى٥٠	–٢ الى – ٣
طويل الدورة	M عملاق أحمر	٨٠ الى ٦٠٠	+ ٢ الى – ٢
شبه غير منتظم	M عملاق أحمر(ضخم)	٣٠الى ٢٠٠٠	– ٣ الى صفر
RR السلياق	F– A عملاق أزرق	أقل من يوم	+ ١ الى صفر
طيف متغير	التتابع الرئيسي	١ الى ٢٥	+ ١ الى صفر
النجم النيوتروني	O -B	١٠٠٠(ثانية)	

جدول (١١-٣) خواص بعض النجوم النابضة

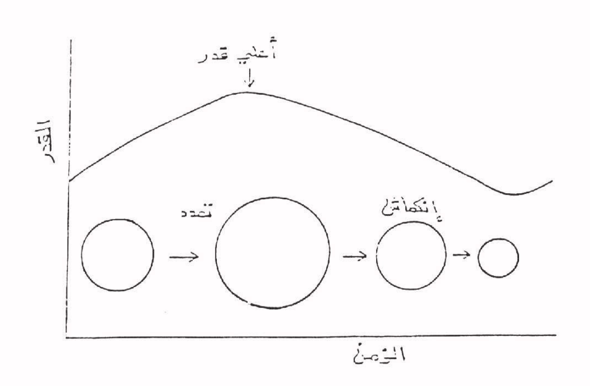
النجوم المنفجرة Explosive stars:

وهي نجوم في حالة من الانفجار، ويبين الجدول التالي أهم أنواع النجوم المنفجرة وهي في الغالب ذات طيف عال وبعضها من النجوم الباردة ،وتأخذ عملية الانفجار في هذه النجوم شكلا دوريا ، وبالطبع تتباين هذه النجوم من حيث حجم الانفجار ودورة زيادة اللمعان الناشئة عن الانفجار .

نوع النجم	الطيف	دورة اللمعان	القدر المطلق	حجم الزيادة
نوفا	O إلى A	شهر إلى سنة	أكبر من صفر	٧ – ١٦
شبيه النوفا	B ساخن	غير منتظم	– ٣ الى – ٦	متعددة
سوبر نوفا I	قزم أبيض	أشهر إلى سنوات	–١٥ إلى –٢٠	١٥ أو أكثر
سوبر نوفا II	عملاق ضخم	———	–١٥ إلى –١٨	متعددة
ت الثور	B إلى M	سريع وغير منتظم	صفر الى + ٨	قليل من التغير
نجوم متوهجة	M تتابع رئيسي	عدة دقائق	أكبر من ٨	في حدود ٦

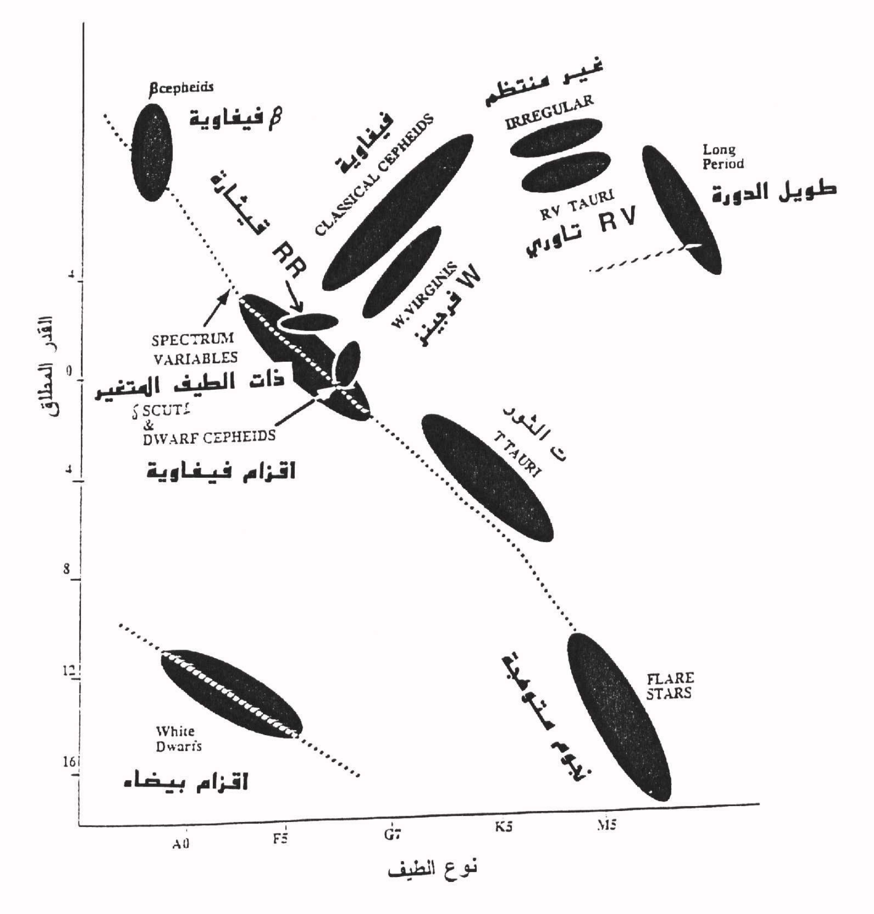
جدول (١١-٤) خواص بعض النجوم المنفجرة

تعبر النوفا Novae والسوبرنوفا Supernovae عن انفجار وانفجار ضخم على التوالي يمر النجم بأحدهما في المراحل الأخيرة من حياته ، فنجم مثل الشمس يحدث انفجارا يسمى نوفا قبل أن يتحول إلى قزم أبيض ، وإذا كانت كتلة القزم الأبيض تساوي ١.٤ كتلة شمسية وبافتراض أنه عضو في نظام ثنائي بحيث كان النجم المصاحب له عملاقا أحمر فستنتقل المادة من العملاق الأحمر إلى القزم الأبيض فتزداد كتلته فينكمش بسرعة حتي تصل مادته إلى حالة التحلل فتتوقف فجأة عملية الانكماش مما يؤدي إلى حدوث انفجار ضخم وهو ما يعرف بالسوبرنوفا I وبعدها يتحول القزم الأبيض إلى نجم نيوتروني .



شكل (١١-٨) انكماش وتمدد النجوم

وقبل أن يتحول النجم الذي له كتلة أكبر من ١٢ كتلة شمسية إلي نجم نيوتروني فإنه يحدث انفجارا هائلا يعرف بالسوبرنوفا II . أما نجوم ت الثور T Tauri star فهي نجوم حديثة الولادة . ويبين شكل (١١-٩) مواضع الأنواع المختلفة من النجوم المتغيرة على الشكل (H-R).



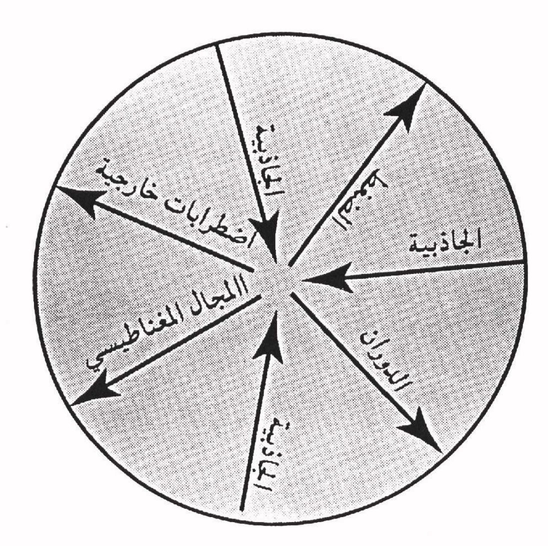
شكل (١١-٩) أهم أنواع النجوم المتغيرة وموقعها على الشكل H-R

الفصل الثالث
فكرة مختصرة عن تركيب النجوم

نحاول في هذا الفصل أن نوجز بعض المعلومات عن تركيب النجوم ونوعية التفاعلات النووية التي تدور بداخلها .

ماالذي يجعل النجوم مستمرة في الإشعاع؟

كما بينا سابقا حينما تكلمنا عن الشمس فإن النجوم عبارة عن كتلة غازية ملتهبة ويوجد في داخلها قلب به تفاعلات نووية ، وهذه التفاعلات هي مصدر الطاقة الأساسي للنجوم. كما أن النجوم تظل في حالة اتزان هيدروستاتيكي إذا كانت مستقرة ولها قدر ثابت مثل الشمس فهذا يعني أنها ليست من النجوم المتغيرة ، أما إذا كان النجم متغيرا فإنه في هذه الحالة لايكون في حالة اتزان هيدروستاتيكي بل يتمدد أو ينكمش كما هو مبين في شكل(١١-٨) ، ويظل في حالة عدم اتزان وعدم استقرار حتى يحدث اتزان بين جميع القوى المؤثرة عليه وبعد ذلك يعود النجم إلي حالة الاتزان الهيدروستاتيكي كما في شكل (١١-١٠) .

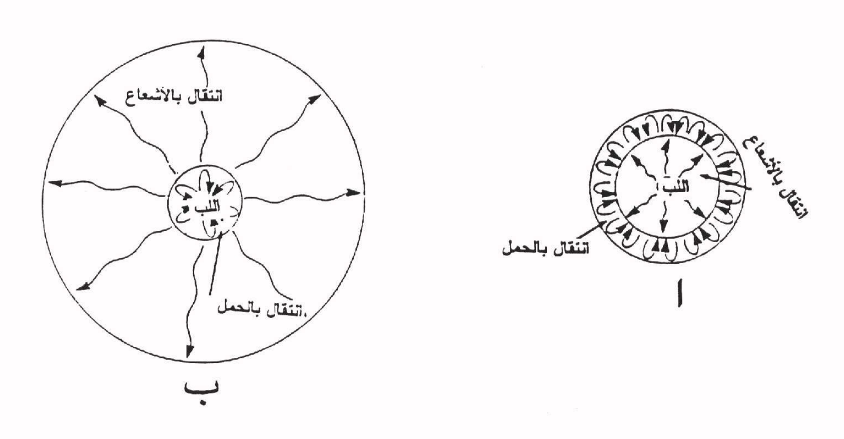


شكل (١١-١٠) الإتزان الهيدروستاتيكي

سلسلة التفاعلات النووية :

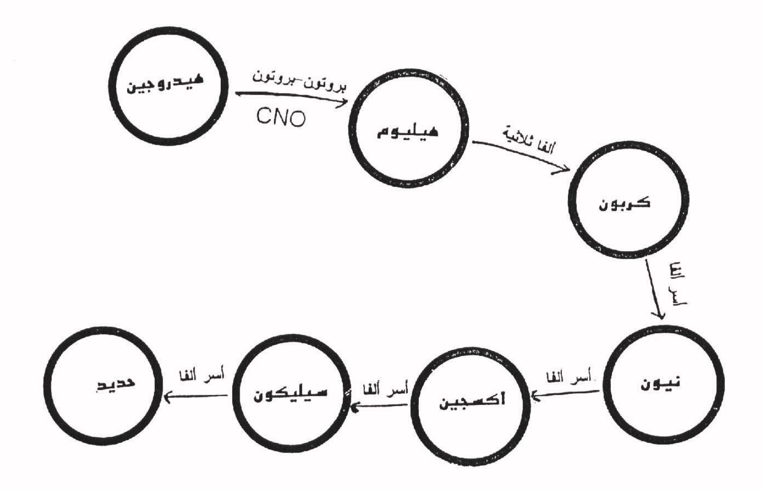
توجد عدة سلاسل للتفاعلات النووية منها سلسلة بروتون - بروتون ومنها السلسلة المعروفة بدورة C N O ومنها سلسلة ألفا ثلاثية . ومن الملاحظ أن الطاقة المنتجة داخل قلب النجم تنتقل إلى الخارج بطريقتين تعملان في نفس الوقت احداهما الإشعاع والثانية الحمل ، وفي النجوم التي تكون على النصف الثاني من التتابع الرئيسي (أي الأبرد حرارة وهي الأنواع M, K, G, F) يحدث الحمل في الطبقة الخارجية.والإشعاع في الطبقة الداخلية تماما مثل الشمس ، وهذا يعني أن النجوم أسفل التتابع تشبه الشمس في تركيبها الداخلي ، أما نجوم أعلى التتابع الرئيسي (O, B, A) فإن طبقة الإشعاع تكون خارجيـــة وطبقة انتقال الحرارة بالحمـــل هي التي تلي اللب مباشرة كما هو مبين في شكل(١١-١١) .

ويمكن تقدير العمر الافتراضي لأي نجم عن طريق تقدير كمية الطاقة التي يمتلكها أو بمعنى أدق التي يمكن أن ينتجها من خلال التفاعلات النووية والطاقة التي يشعها في الثانية الواحدة وهي تعرف بلمعان النجم Luminosity. وبذلك نجد أن نجما من النوع M وله كتله ٠.٥ر. من كتلة الشمس يكون عمره أكبر من عمر الشمس بخمسمائة مرة ، ويقدر عمر الشمس بعشرة بليون سنة. أما إذا أخذنا نجما من النوع O وكتلته ٥٠ كتلة شمسية فإن عمره سيكون في حدود المليون سنة ، وهذا يعني أنه يكون قصير العمر، والسبب في ذلك أن النجوم شديدة اللمعان تفقد طاقتها بسرعة بينما كلما كان النجم خافتا طال عمره . ولذلك فإن من الحقائق المعروفة أن عدد



شكل (١١-١١) التركيب الداخلي لنجمين: أ ـ أسفل التتابع الرئيسي ب ـ أعلى التتابع الرئيسي

النجوم الخافتة في السماء أكثر بكثير من عــدد النجوم اللامــعة . وقـد وجـد أن الهيدروجـين يتحـول بالاندمـاج النـووي إلــى هيليوم ، والهيليوم يتحـول بدوره إلى كربـون وتستمر سلسلة التحـول إلى عناصـر ثقيلة تنتهي بالتحـول إلي حـديد كـمـا في شكل (١١– ١٢) . ومعنى ذلك أن التفاعلات النووية داخل النجوم تكثر من مقادير العناصر الثقيلة، وبذلك تزداد كمية هذه العناصر في الوسط بين نجمي حيث تلفظ النجـوم في المراحل الأخيـرة جزءا كـبيـرا من مـادتـها إلى الـوسط بين النجمي المحيط بها ، ولذلك فإن النجوم التي تولد حديثا في نفس المكان تكون مـحتوية على كمية أكبر من العناصر الثقيلة عما كانت عليه النجوم التي نشأت في الماضي السحيق ، وتقدر نسبة العناصر الثقيلة في الشمس بما يزيد عن ٢٪ مما يعني أن الشمس أو بمعنى أدق المجموعة الشمسية قد نشأت داخل سحابة بين نجمية لفظها نجم سابق وهو في مرحلة السوبرنوفا ، ولذلك يمكننا القول بأن العناصـر الثقيلة التى نبحث عنها في تربة الأرض قـد تكونت داخل نجم ما انفـجر في الماضي السحيق ولا نكون قد أخطأنا إذا قلنا إن المادة التي خلق منها الإنسان هي مادة النجوم ذاتها. ومن حيث التركيب فإن النجوم الموجودة على أسفل التتابع الرئيسي (F, G, K, M) لها تركيب مثل الشمس وبذلك فإنها تحتوي علـى الطبقات الخارجية المعروفة بالكروموسفير والكورونا. أما النجوم اللامعة (O, B, A)فلا يوجد بها كروموسفير ولاكورونا وكأن هاتين الطبقتين مرتبطتان بأن تيارات الحمل تكون في آخر طبقات النجم الداخلية كما هو الحال في الشمس . أما النجوم العملاقة فقد وجد فيها كروموسفير ولكنه ليس من المؤكد أن يكون بها كورونا .



شكل (١١–١٢) سلسلة التفاعلات النووية

ويفقد النجم من النوع O مامقداره كتلة شمسية كل ١٠٠ ألف سنة وهذا يعني أنه يفقد حوالي ١٠ كتل شمسية أو أكثر من مادته في فترة حياته والمقدره بمليون سنة ٠ وتبين سلسلة التفاعلات أن اللب يكون محتويا على هيدروجين إذا كان النجم في بداية حياته ولكن في نهاية حياته فإن لبه يحتوي على عناصر أثقل كالكربون أو المغنيسيوم أو الحديد ، ولذلك فإن قوة الجاذبية تزداد بشكل كبير مع تطور النجم كما أن الكثافة تزداد أيضا بمقدار كبير جدا كلما وصل النجم إلي المراحل الأخيرة من حياته مما يؤدي إلى تزايد انكماش النجم وبالتالي يقل حجمه ليصبح مثل حجم الأرض أو أصغر في حالة القزم الأبيض ، كمـا يقل الحجم إلي أصغر من ذلك بكثير في حالة النجوم النيوترونية (بقطر يبلغ حوالي ١٠ كم فقط) و أصبحنا الآن على استعداد لتتبع قصة حياة النجوم ٠

الفصل الرابع
مهد النجوم

السحب بين النجمية :

لقد لاحظ الفلكيون وجود مادة من الغازات وبها بعض الأتربة تملأ الفراغ ما بين النجوم ، وهذه المادة تتجمع في شكل سحب تعرف بالسحب بين النجمية أنظر الأشكال (١١-٣) ، (١١-١٥ إلى ١١-٢٠)، ولقد لوحظ أن أغلب هذه السحب تتركز في أذرع المجرات وهي مناطق ضغط عال كما توجد النجوم حديثة الولادة أيضا في أذرع المجرات بل وفي داخل هذه السحب مما جعل الفلكيون يفكرون في العلاقة بين النجوم وتلك السحب . يختفي ضوء النجوم بسبب وجود السحب الكثيفة أو ما تسمى بالسدم المظلمة وتحتوي هذه السدم على حبيبات تمتص الحرارة الصادرة من النجوم ثم تشعها في الأشعة تحت الحمراء. وتظهر السحب بين النجمية بأشكال وألوان مختلفة تبعا لقربها أو بعدها عن النجوم فكلما وجدت نجوم قريبة من السحابة أو بالقرب من سطحها ظهرت السحابة لامعة ومضيئة بينما إذا كانت النجوم تقع خلف سحابة كثيفة فإن السحابة تخفي معالم النجوم وتظهر السحابة كمنطقة مظلمة ، كما نلاحظ بشكل عام أن ضوء النجوم يقل ويتحول إلى اللون الأحمر كحمرة قرص الشمس عند الغروب وتستخدم هذه الظاهرة في التعرف على السحب بين نجمية وتسمى ظاهرة احمرار النجوم ، وتتكون السحب بين نجمية من غاز الهيدروجين وقليل من الهيليوم بالإضافة إلى نسبة ضئيلة جدا من العناصر الثقيلة والأتربة التي تلعب دورا مهما في تطور السحب بين النجمية .

لقد أصبح معروفا لدى الفلكيين أن النجوم تولد داخل السحب بين نجمية ، فقد رصدت بالفعل النجوم الحديثة داخل السحب بين نجمية ، وتتبع عملية تكوين النجوم يعتبر واحدا من الموضوعات المثيرة حقا وفيه كثير من التساؤلات الشيقة ويمكننا القول إنه أصبحت لدينا الآن فكرة واضحة عن العوامل الفيزيائية والكيميائية التي تؤدي إلى تكون النجوم وتاريخ نموها ونشأتها داخل السحب بين نجمية ، وبطبيعة الحال فإن فهم هذه العملية يحتاج إلى فهم طبيعة السحب بين نجمية لأنها المهد الذي تتكون فيه النجوم .

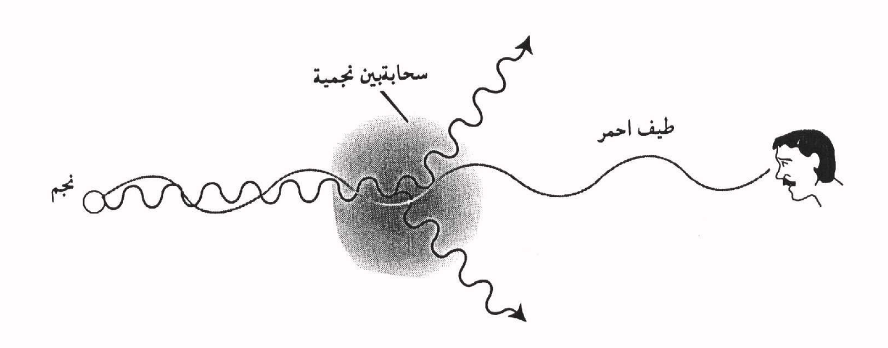
طبيعة الحبيبات بين النجمية :

تنتشر داخل السحب بين النجمية حبيبات من الغبار صغيرة الحجم تعرف بالحبيبات بين النجمية وتعتبر دراسة وفهم طبيعة هذه الحبيبات وتكوينها من الأمور الصعبة ، ولقد استطاع الفلكيون وضع نماذج عديدة لتفسير الأرصاد المختلفة التي أخذت للتعرف على طبيعة وتكوين وحجم الحبيبات حيث يبلغ قطر الحبيبات الكبيرة من $١٠^{-٥}$ إلى $١٠^{-٦}$ سم وهي تحتوي على عدد يتراوح من مليون إلى بليون ذرة ،

والنموذج الأول من الحبيبات الذي وضعه الفلكيون عبارة عن لب من السيليكا يحيطه وشاح من المواد المتجمدة ، أما النموذج الثاني فإن لبه يكون من الجرافيت ، وفيما يعتقده الفلكيون أن لب

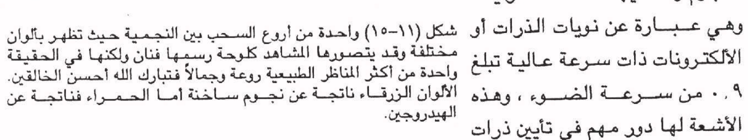


شكل (١١-١٣) سحابة الجبار وفي داخلها نجوم حديثة التكوين ويظهر في جهة اليسار عدد من النجوم اللامعة والتي يمكن رصدها بواسطة تلسكوبات صغيرة.



شكل (١١-١٤) إذا كانت السحابة بين النجمية مليئة بالغبار فإن هذا الغبار يعمل على انحراف الضوء الأزرق وبالتالي لا يصلنا من ضوء النجوم التي تظهر في خلفية السحابة إلا اللون الأحمر

الحبيبات قد تكون في وقت ما داخل الطبقات الباردة للنجوم العمالقة الحمراء . وحينما يصل اللب من الحبيبات إلى السحب بين نجمية فإنه ينمو بفعل تراكم المادة عليه ولذلك تنمو الحبيبات في الحجم كلما زادت كثافة السحابة، وتسمى الطبقة التي تغطي لب الحبيبات بالوشاح وهو يتكون من الماء(H_2O) والميثان (CH_4) والأمونيا (NH_3) بالإضافة لعدة عناصر أخرى تكونت في الوسط ثم تجمعت على الحبيبات أو تكونت من الأساس على الحبيبات.



شكل (١١-١٥) واحدة من أروع السحب بين النجمية حيث تظهر بألوان مختلفة وقد يتصورها المشاهد كلوحة رسمها فنان ولكنها في الحقيقة واحدة من أكثر المناظر الطبيعية روعة وجمالاً فتبارك الله أحسن الخالقين. الألوان الزرقاء ناتجة عن نجوم ساخنة أما الحمراء فناتجة عن الهيدروجين.

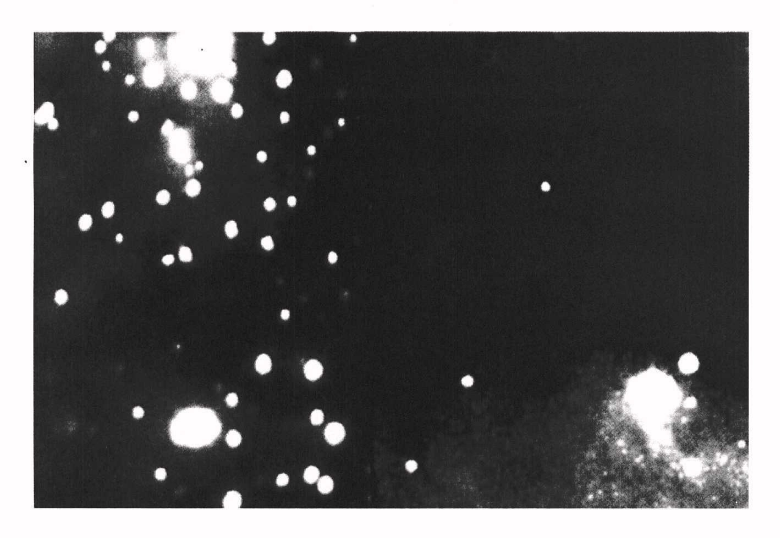
كيمياء السحب بين نجمية :

بالإضافة للغازات والحبيبات فإن هناك نوعا ثالثا من الجسيمات توجد في الوسط بين النجوم ونسميها الأشعة الكونية وهي عبارة عن نويات الذرات أو الألكترونات ذات سرعة عالية تبلغ ٠.٩ من سرعة الضوء ، وهذه الأشعة لها دور مهم في تأين ذرات الغاز داخل السحب بين نجمية ، وتلعب الأيونات بدورها دورا مهما في كيمياء السحب بين نجمية .

تتركز معظم كتلة المجرة في السحب بين النجمية ، خاصة ما يعرف بالسحب الجزيئية العملاقة، وليس في النجوم نفسها كما قد يتبادر إلي الزهن ، فتبلغ كتل السحب بشكل عام ما بين ١٠٠ إلى مليون كتلة شمسية وأقطارها تتراوح بين ١٥ - ٦٠ بارسك . وهذه السحب تكون باردة خاصة في مراكزها البعيدة عن النجوم . وإذا أردنا أن نتعرف على تكوين السحب الجزيئية فإن أرصاد الطيف الصادر منها يشير إلى وجود جزيئات كثيرة مثل CN , CH , CH+ , CO , HCO , H_3^+وغيرهم الكثير بما يزيد عن ١٠٠ جزيئاً . وتتفاعل ذرات الهيدروجين والاكسجين والكربون والنيتروجين والكبريت لتكون جزيئات الماء وأول أكسيد الكربون والأمونيا وكبريت الهيدروجين وغيرها



شكل (١١-١٦) سحابة بين نجمية



شكل (١١-١٧) صورتان لمكان واحد من سحابة الجبار حيث توجد كمية كبيرة من الغبار . ولذلك يختفي ضوء النجوم وتظهر الصورة كما لو كانت فارغة من النجوم بينما يظهر في الصورة الثانية (في الأشعة تحت الحمراء) عدد كبير من النجوم وبذلك يتضح أن الغبار هو الذي اخفى هذه النجوم.

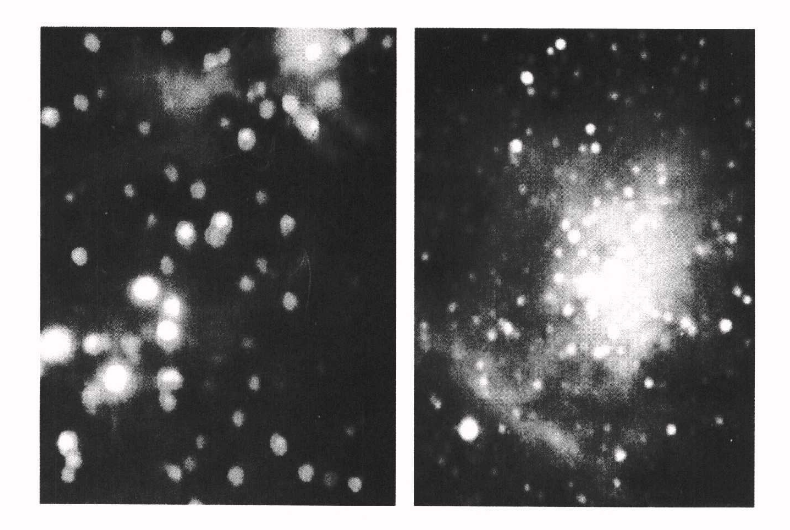
من الجزيئات العضوية . بل توجد أيضا جزيئات معقدة مثل HC9N, C2H5OH, HC3N , CH3 CHO, وكحول الإثيل وغيرها الكثير ولكن الجزئ الأساسي هو بالطبع H2 ، ومن طريف القول أن كيمياء السحب بين نجمية تختلف تماما عن الكيمياء التي نعرفها على الأرض. وحيث إن كوكبنا وحيد لم نر له مثيلا في ظروفه حتى الآن وكأن المولى عز وجل هيأه للحياة البشرية ، لذلك يمكننا القول إن الكيمياء التي نعرفها على الأرض تعد شيئا غريبا لم نر له مثيلا في الكون المحيط بنا فمثلا نجد أن جزيئ الأكسجين الموجود بكثرة في غلافنا الجوي نادر في الكون لدرجة أننا نبحث عن طريقة تكونه في السحب بين نجمية ، كما أن جزئ الهيدروجين وهو أساسي في الكون نحتاج إلي وسائل معملية لتكوينه على الأرض ، وهناك العديد من الجزيئات المستقرة في الكون بينما هي غير مألوفة وغير مستقرة على الأرض مثل الجزيئين : H_3^+ , HCO .



شكل (١١-١٨) السحابة المخروطية في كوكبة وحيد القرن وهي تمثل تجمع نجمي جنوبي يقع شرق مجموعة الجبار. يوجد في هذه السحابة أماكن كثيفة من الغبار والغاز. كما يوجد نجم حديث بالقرب من منتصف الصورة.

تكوين النجم:

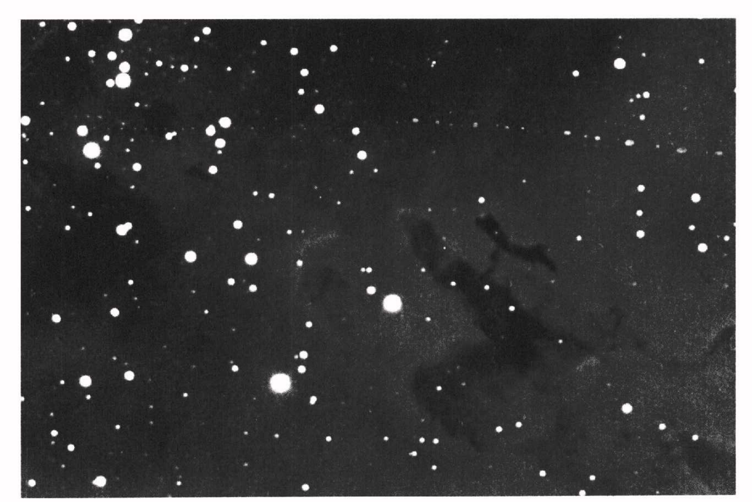
إذا أردنا أن نتعرف على مرحلة ماقبل النجم protostar فعلينا أن ننظر إلى السحب الجزيئية العملاقة وهي ليست منتظمة من حيث توزيع المادة داخلها بل نجد أن المادة تتجمع وتتركز في بعض الأماكن داخل السحابة مكونة ما يعرف بلب كثيف من المادة تبلغ درجة حرارته ١٠ - ٥٠ درجة مطلقة وكثافة مادته $١٠^{٤}$ - $١٠^{٥}$ ذرة لكل سم٣ ، مما يعني أن هذا اللب حاله وسط بين السحب بين



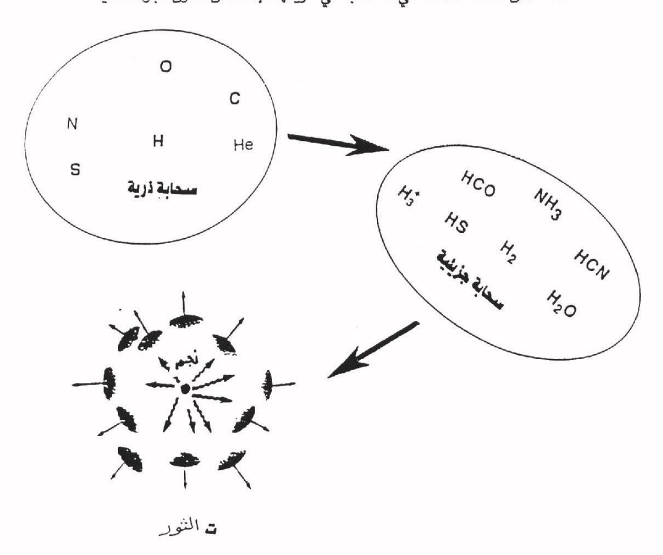
شكل (١١-١٩) سحابة الجبار



شكل (١١-٢٠) سحابة تريفيد (M20) والموجودة في برج القوس. اللون الأحمر ناتج عن هيدروجين متأين بواسطة النجوم الساخنة . يبلغ قطر السحابة ١٠ بارسك وتبعد عنا ٩٠٠ بارسك.



شكل (١١-٢١) الحشد النجمي M16 والذي تكون منذ حوالي ٢ مليون سنة كما يقدر الفلكيون. ويعتقد العلماء أن المنطقة الداكنة في السحابة في طريقها للإنكماش لتكون نجوماً حديثة



شكل ـ١١-٢٢) مراحل تطور السحابة بين نجمية إلى أن يتكون نجم



شكل (١١-٢٣) سديم رأس الحصان في مجموعة الجبار

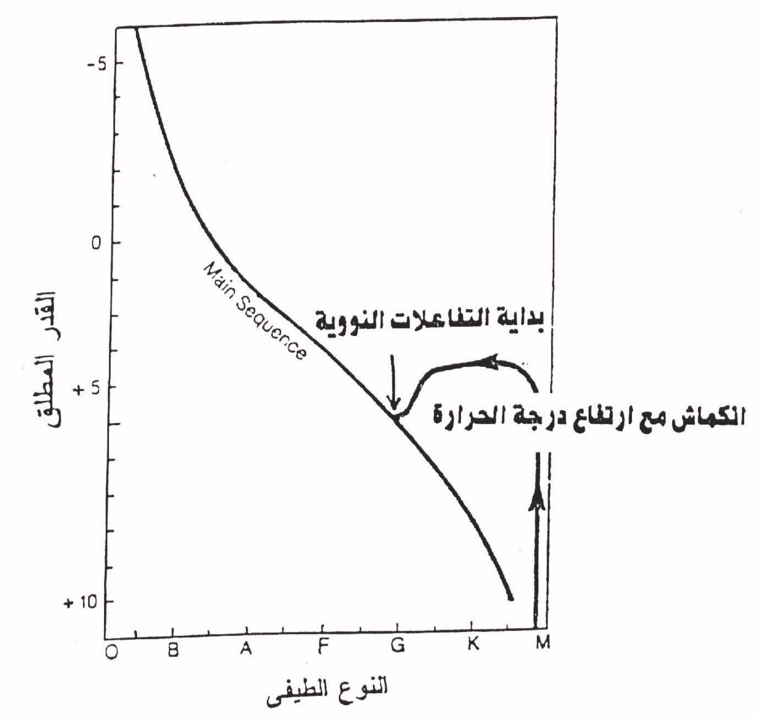


شكل (١١-٢٤) سديم الوردة

نجمية الذرية والنجم ، والذي يحدث أن المادة تنكمش تحت تأثير الجاذبية ولكن الضغط الداخلي المتولد من عملية الانكماش يعمل على تمدد السحابة ، وطالما أن هاتين القوتين متوازنتان تظل السحابة في حالة اتزان وإذا تغلبت الجاذبية فستنكمش السحابة لتكون نجما أما إذا زاد الضغط الداخلي لسبب أو لآخر تمددت السحابة ، وأحد الأمثلة الجيدة التي استطاع الفلكيون دراستها بشكل واضح وتمثل حالة المهد للنجوم تلك السحابة الجزيئية الموجودة في سديم الجوزاء (أو الجبار) .

وتبدأ عملية انكماش السحابة بين نجمية أو اللب الداخلي تحت تأثير قوة الجاذبية الذاتية للسحابة وبمساعدة قوى خارجية أحيانا وتظل تنكمش وتتطور من سحابة كل مادتها ذرات الى سحابة جزيئية (بمعني أن تكون مادتها من الجزيئات)، أما حبيبات الأتربة فانها تنمو وتزداد في حجمها، وتزداد كثافة المادة في مركز السحابة الى أن تصل الى مرحلة النجم حيث ترتفع درجة الحرارة من ١٠ درجات مطلقة إلى مليون درجة أو أكثر ، وفي نفس الوقت تكون الكثافة قد ارتفعت من ١٠ جزيئات لكل سم٣ إلى الكثافة الموجودة في النجوم ومقدارها ١٠^٢٣ ذرة لكل سم٣ . لقد أصبحت دراسة تطور السحب بين نجمية وما يتم فيها من تغيرات فيزيائية وكيميائية محط اهتمام الكثير من الفلكيين وأصبحت نظرية تكوين النجوم مقبولة بشكل كبير لدى علماء الفلك سواء النظريين منهم أو العاملين في حقل الأرصاد .وحيث إن كل شئ في الكون يدور فإن السحابة المنكمشة تعاني هي الأخرى من الدوران مما يتسبب في فلطحة السحابة وتستمر عملية الانكماش والتي يحدث في أثنائها تغيرات فيزيائية وكيميائية داخل السحابة المنكمشة بحيث تنمو الحبيبات وتظهر الجزيئات المعقدة وفي أثناء ذلك كله تخرج الحرارة المتولدة بفعل الانكماش في شكل أشعة تحت حمراء إلى أن يصل لب السحابة لمرحلة تكون فيها كثافة المادة عالية لدرجة لا تسمح للأشعة تحت الحمراء أن تخرج منها وعند هذه اللحظة يصبح لب السحابة كمخزن حراري فترتفع الحرارة بشكل سريع ، ومع تزايد درجة الحرارة داخل اللب المنكمش تبدأ التفاعلات النووية لتبدأ بذلك حياة النجم ، ومع خروج الأشعة من النجم تطرد هذه الأشعة بقية المادة الغازية المحيطة بالنجم الوليد تماما كما يلفظ الفرخ الوليد قشرة البيضة ليخرج إلى الحياة. ويعرف مثل هذا النجم باسم الثور (T Taur star). وحينما يبدأ النجم حياته فإنه يحدد مكانه على التتابع الرئيسي حسب درجة لمعانه ونوعه الطيفي وهاتان الخاصيتان يحددهما مقدار كتلة النجم. وتعتبر نظرية تكوين النجوم من النظريات القوية والتي أصبحت واضحة المعالم ، حيث يمكننا الآن فهم الكثير من مراحل تطور السحب بين نجمية إلى أن تصل إلى مرحلة النجوم ، وحينما نرصد النجوم حديثة التكوين نجد أنها موجودة فيما يعرف بالحشود الإئتلافية، ولذلك أصبح التصور السائد في الوقت الحالي أن العديد من النجوم تتكون معا في الوقت نفسه وتحت الظروف نفسها ، ولكن ما الذي يجعل السحابة تنقسم إلى سحب أصغر ليكون كل منها نجما ؟ قد يكون ذلك عن طريق خاصية الدوران حيث تتفلطح السحابة ويتكون منها نجمان مزدوجان ، وقد يحدث الانقسام بواسطة المجال المغناطيسي والذي يؤدي إلى فلطحة السحابة وتجزئها أيضا وقد تتكرر عملة الانقسام عدة مرات ، ولكن دراسة عملية انقسام السحابة مازالت غير واضحة والأرصاد لم تساعدنا حتى الآن على إيجاد إجابة شافية لهذا السر

الغامض ، ولكن الواضح أن السحابة الجزيئية تزيد في كتلتها عن ١٠٠ الف كتلة شمسية ولذلك يبدو من السـهل تكون عـشـرات النجـوم داخلهـا ، ومـازال الفلكيـون يواجـهـون العـديد من المشـاكل في دراسـتـهم لعملية تكوين النجـوم ومن هذه المشـاكل : مـا الطريقـة التي يحـدث بهـا انقسام السـحابة الكبيرة إلى سحب أصغر ؟ وكيف ينمو المجال المغناطيسي داخل السـحب المنكمشة ؟ وكيف ومتى يتسرب من السحابة ؟ ثم هناك العديد من النقاط غير الواضحة تتعلق بالتفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل السحب بين نجمية في أطوارها المختلفة أثناء عملية الإنكماش وقبل تكون النجم . وبعد أن تكونت لدينا صورة واضحة لكيفية ولادة النجم يحق لنا أن نتساءل كيف يتطور هذا النجم بعد ذلك ؟ وما بقية قصة حياته ؟ كيف يكبر في العمر ومالذي يحدث له من تغيرات؟ هذا ماسنحاول الإجابة عنه في السطور التالية .



شكل (١١-٢٥) يبين الشكل كيفية وصول النجم حديث التكوين إلى التتابع الرئيسي

الفصل الخامس
قصة حياة النجوم

للنجوم قصة حياة غاية في الإثارة ومليئة بالآيات الكونية التي تشد علماء الفلك منذ حوالي القرن ، فتولد النجوم كما شرحنا سالفا داخل السحب بين النجمية وبعد ذلك تتطور في مراحل العمر المختلفة من الطفولة إلى الشباب ثم الشيخوخة فالموت !! نعم تموت النجوم وفي نهايتها المحتومة يتوقف نبض قلبها تماما كما يحدث للإنسان . ولكن ماهو قلب النجم ؟ وما هو النبض الذي يتحرك داخله ؟ وكيف فهم الفلكيون ذلك ؟ وما الذي يدلنا على وصول نجم ما إلى حالة الشيخوخة ؟ وكيف عرفوا موت النجوم ؟ هذه وغيرها تساؤلات قد تدور في خلد كل منا ويتحرق شوقا إلي معرفة الإجابة عنها .

قصة حياة النجوم شبيهة الشمس:

إن تاريخ وقصة حياة النجم تعتمد على ظروف متعددة أهمها كتلته في طفولته ولنبدأ بقصة حياة الشمس لأهميتها بالنسبة لنا ثم ننطلق بعد ذلك للتعرف على قصص حياة النجوم الأخرى ذات الكتل الأكبر .

ولادة النجم:

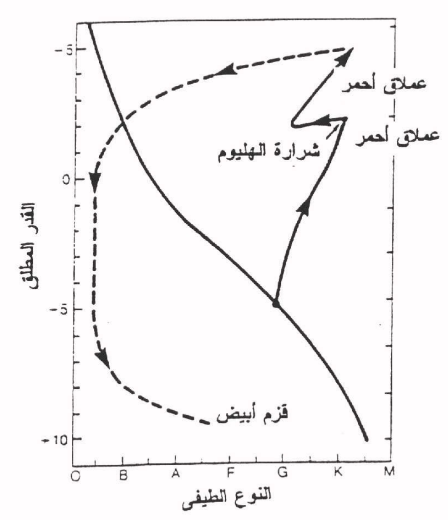
تتكون مرحلة ما قبل النجم protostar نتيجة انكماش سحابة بين نجمية تحت تأثير قوة الجاذبية وفي ظل حرارة منخفضة . وتستمر عملية الانكماش حتي يتكون لب من المادة وفي هذه الأثناء تتزايد الحرارة ببطء شديد ولكنها تجد طريقها إلي خارج السحابة علي شكل أشعة تحت الحمراء . حتي إذا وصل اللب لمرحلة يصبح عندها قادرا علي احتباس الحرارة داخله تبدأ الحرارة في الارتفاع من ١٠ درجات مطلقة إلي ما يزيد عن ١٠٠ ألف درجة مطلقة وبعدها يصبح الانكماش في اللب بطيئا ولكن المادة مازالت تتجمع حوله فترتفع درجة الحرارة نتيجة تعاظم قوة الجاذبية إلي أن تبدأ التفاعلات النووية وحينئذ نقول إن النجم قد ولد وأن نبض الحياة بدأ يدب فيه ويصبح للنجم مكان ما علي التتابع الرئيسي ويعرف النجم في هذه المرحلة الأولي من حياته باسم ت الثور .

تطور النجم في حياته علي التتابع الرئيسي:

يبدأ النجم حياته علي التتابع الرئيسي ويظل عليه فترة طويلة تقدر بحوالي ٩٠٪ من عمره حيث يظل تقريبا ثابتا في قدره ولمعانه ويبدو كنجم مستقر تحدث تغيرات طفيفة نسبيا في نشاطه وإشعاعه . وينتهي طور التتابع الرئيسي إذا انتهي الهيدروجين من لب النجم ويصبح اللب مكونا من الهيليوم فقط .



شكل (١١-٢٦) جزء من سحابة الجبار حيث يوجد حشد نجمي حديث الولادة



شكل (١١-٢٧) مسار التطوير لنجم له كتلة شمسية

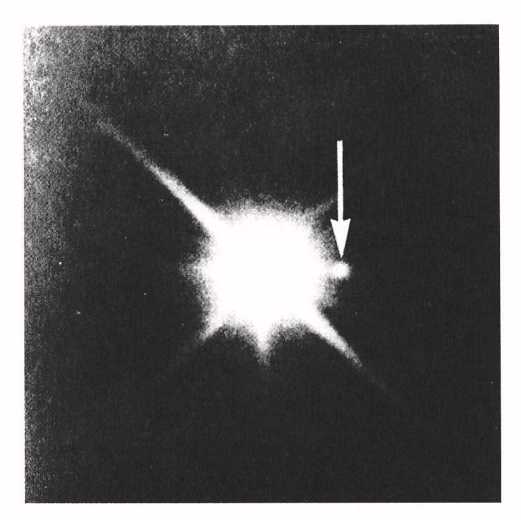
النجوم التي لها كتلة مثل كتلة الشمس لها مسار واحد تتطور فيه حتى تصل إلى نهاية حياتها، ومن الواضح أن قوة الجاذبية تعتبر القوة الأساسية في الكون ، ولذلك إذا زادت كتلة النجم زادت قوة جاذبيته وكما عرفنا فإن الشمس تستمد طاقتها من خلال التفاعلات النووية التي تحدث في مركزها ٠ وفي هذه التفاعلات يتحول الهيدروجين إلى هيليوم وبالتالي ينكمش الجزء الداخلي من النجم تحت تأثير الجاذبية المتزايد مما يؤدي إلى زيادة الطاقة المشعة L ويتحرك النجم بذلك إلى أعلى قليلا علي شريط التتابع الرئيسي في الشكل H-R٠ وهذا يفسر أن التتابع الرئيسي ليس خطا إنما هو عبارة عن شريط ٠ ولذلك يمكننا القول إن الحافة السفلى للتتابع الرئيسي تمثل النجوم في بداية عمرها Zero age main sequence وعندما يتحول كل الهيدروجين إلى هيليوم في لب النجم تتوقف التفاعلات النووية في اللب وبالتالي يبرد لب النجم فيزداد انكماشه نحو المركز لتغلب قوة الجاذبية على الضغط ؛ ومن ثم ترتفع درجة الحرارة في المنطقة المحيطة باللب ، والتي تبدأ التفاعلات النووية فيها وتتسارع بفعل حرارة الانكماش ٠ ومع استمرار الانكماش وزيادة التفاعلات في المنطقة المحيطة بالمركز ترتفع درجة الحرارة ويتمدد الجزء الخارجي من النجم وبالتالي يبرد سطحه ولكن اللب يستمر في الانكماش، وينتج عن تمدد النجم زيادة كمية الاشعاع L ويتحرك النجم في الشكل H- R إلى أعلى وإلى اليمين ، كما هو مبين في شكل(١١-٢٧) ، نتيجة نقص درجة الحرارة ، وبذلك يصبح النجم عملاقا أحمر بنصف قطر يزيد من ١٠-١٠٠ مرة عن نصف قطره الابتدائي ونسميه في هذه المرحلة العملاق الأحمر ، و تكون ثلث كتلة النجم موجودة في اللب ٠

تطور الشمس إلي عملاق أحمر:

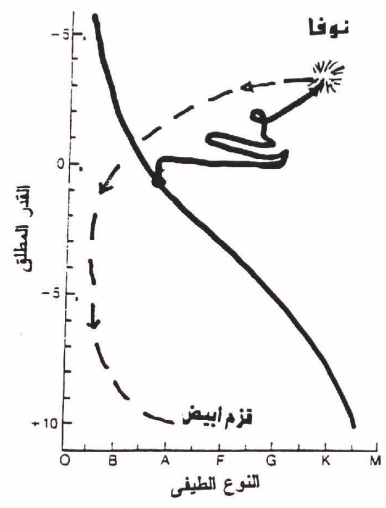
حينما تتمدد الشمس إلي مرحلة العملاق الأحمر ستصبح نجما ضخما يصل نصف قطره إلي حوالي ١.١ وحدة فلكية أي أن الشمس ستبتلع في طريقها وأثناء تمددها كلا من عطارد والزهرة والأرض ويصبح المريخ أقرب كوكب للشمس في ذلك الوقت ، وقبل أن تبتلع الأرض في داخل الشمس ستدور بعض الوقت في غلاف الشمس الساخن ولذلك سيتبخر غلافها الجوي وبعد ذلك تقل سرعة دوران الأرض تدريجيا وفي غضون ٢٠٠ عام تبتلع الأرض بعد أن يكون سطحها قد احترق وكل من عليها من حدائق غناء ونبات وحياة قد انتهي . ثم تذوب الأرض وتصبح جزءا من مادة الشمس إلي الأبد . وقد يأتي في ذهن القارئ تساؤل : هل هذه النهاية تمثل يوم القيامة ؟ والإجابة الفورية أن هذا التصور العلمي لنهاية الأرض والحياة عليها مبني علي القوانين التي تحكم الكون والنواميس التي وضعها الله في الحياة من حولنا أما يوم القيامة فله ناموس آخر لا يعلمه إلا الله ولكن مما لاشك فيه أن هذه القصة تؤكد للإنسان أن كل شئ هالك إلا وجه الله سبحانه وتعالي .

تحلل الإلكترونات:

ومن خصائص الألكترونات أنه يوجد حد أدنى للمسافات بينها بحيث لاتقترب من بعضها البعض بعد هذه الحدود وبالتالي فإن عملية الانكماش في اللب تتوقف عند الحدود التي تكون عندها



شكل (١١-٢٨) السهم يشير إلى قزم أبيض في مجموعة الشعري اليمانية

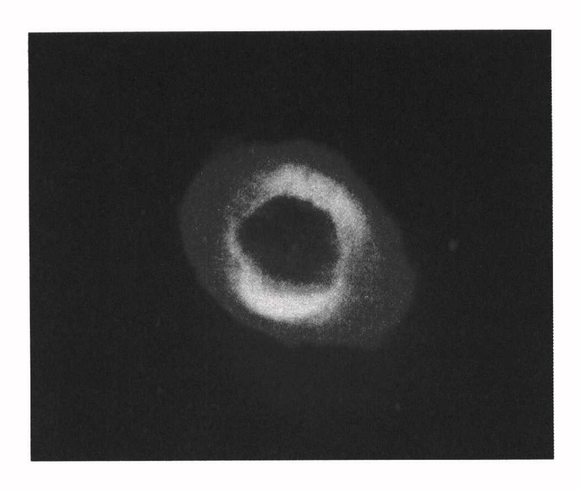


شكل (١١-٢٩) مسار التطور لنجم كتلته ٥ كتلة شمسية

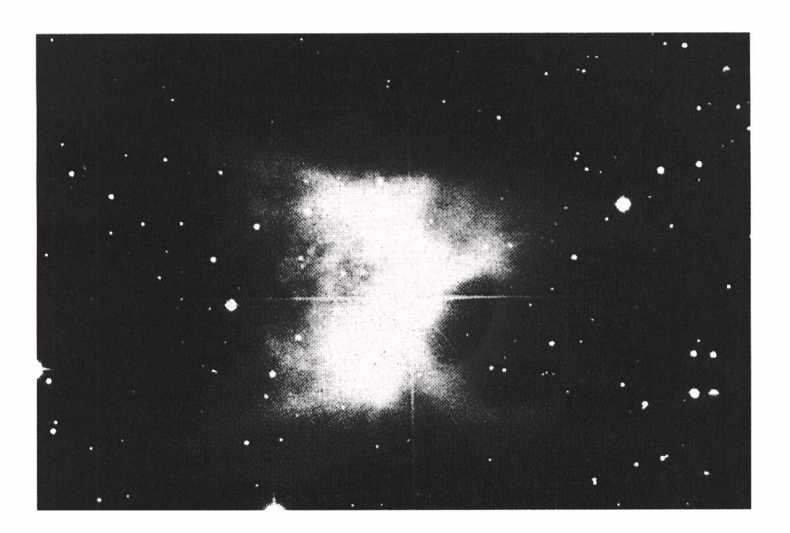
الالكترونات قد تزاحمت لدرجة أنها لا تستطيع أن تتقارب من بعضها أكثر من ذلك. وهذه الحالة تعرف بحالة التحلل degenerate state. وهي تتميز بأن الضغط لايزداد مع زيادة الحرارة. مما يؤدي الى زيادة الحرارة في المركز بسرعة هائلة بحيث تبدأ تفاعلات الهيليوم وهي ماتعرف بشرارة الهيليوم.

شرارة الهيليوم:

إن عملية بدء التفاعلات النووية للهيليوم تأخذ وقتا قصيرا جدا قد يكون في عدة دقائق ومن الصعب أن نرصد هذه المرحلة لأنها تحدث في اللب الداخلي للنجوم . ومع بداية تفاعل الهيليوم وتحوله إلى كربون عن طريق تفاعلات ألفا – ثلاثية تنتهي حالة التحلل ليعود الغاز في اللب إلى الحالة الطبيعية وهي زيادة الضغط مع زيادة الحرارة حيث يتمدد النجم قليلا ويصبح لونه أشد زرقة أي أنه يصبح أسخن من ذي قبل ويتحرك بذلك إلى اليسار في الشكل H-R ، وتشكل النجوم في هذه الحالة ما يعرف بالفرع الأفقي على الشكل H-R. ويستمر النجم في تحويل الهيليوم إلي كربون فترة من الوقت حسب كتلته وبالتالي سرعة إشعاعه كما أن تفاعلات ألفا-ثلاثية تتأثر كثيرا بأي تغير طفيف في الحرارة فمع كل زيادة بسيطة في درجة الحرارة تزداد كمية التفاعلات النووية في اللب ويزداد مقدار الإشعاع وهكذا فإن النجم يتطور بسرعة في هذه المرحلة أكثر مما كان الحال علي التتابع الرئسي وبعد أن يتحول كل الهيليوم في اللب إلي كربون يدخل النجم في مرحلة جديدة من حياته ؛ حيث تتوقف التفاعلات في اللب وتتكون حوله طبقة يتحول فيها الهيدروجين إلى هيليوم . وكما حدث عند توقف تفاعلات الهيدروجين ،ينكمش اللب تحت تأثير الجاذبية وبالتالي تزداد الحرارة مرة ثانية فيتمدد النجم مرة أخرى ليصبح عملاقا أحمر مرة ثانية . ومع انكماش اللب وازدياد درجة الحرارة بسرعة يزداد الضغط حتى تصل الالكترونات إلى حالة التحلل مرة أخرى وبالتالي يتوقف الانكماش مما يؤدي إلى حدوث صدمة عكسية كرد فعل على عدم انضغاط اللب تؤدي إلى تمدد النجم وفي هذه المرحلة تحدث تطورات سريعة للنجم لم تتضح معالمها حتى وقتنا هذا ولكن تشير الدراسات النظرية إلى أن النجم سيصبح نجما متغيرا من نوع النجوم الفيفاوية بحيث يتمدد النجم وينكمش بشكل دوري إلى أن يصل لمرحلة يقذف فيها النجم طبقاته الخارجية وهي ما يعرف بمرحلة السدم الكوكبية Planetary nebulaeوالتي تمثل الفرع الأفقي لخط تطور النجوم علي الشكل H-R . وبالطبع لا توجد علاقة بين هذه السدم والكواكب فشكلها يشبه الكواكب ولكنها في حقيقة أمرها عبارة عن نجوم وصلت إلى هذه المرحلة التي يقذف فيها النجم طبقاته الخارجية ببطء بحيث يمكننا رصدها لفترة طويلة من الزمن ، كما تظهر السدم الكوكبية فوق التتابع الرئيسي ممثلة حركة على خط أفقي فإذا تم لفظ الطبقات الخارجية للنجم أصبح لبا عاريا وهو ما يعرف بالقزم الأبيض وكتلته ٧٠٪ من الكتلة الأصلية وتكون لذلك درجة حرارة سطح اللب العاري ١٠٠ ألف درجة مطلقة .



شكل (١١-٣٠) السحابة الحلقية في مجموعة الأسد وهي مثال لمادة قذفت من نجم في آخر حياته حيث يلفظ الطبقات الخارجية فيما يعرف بالسدم الكوكبية وبعدها يصبح النجم قزما أبيض.



شكل (١١-٣١) نجم عملاق أحمر يفقد جزءاً كبيراً من مادته في شكل رياح نجمية . اللمعان الشديد الذي يخفي النجم عبارة عن انعكاس الضوء من الغازات والغبار الذي لفظه النجم

القزم الأبيض:

تنتهي التفاعلات للنجم الذي له كتلة شمسية عند الكربون ، فليس لديه من القوة ما يجعله قادرا علي أن يستمر في تفاعلات نووية تحتاج إلى حرارة لا تتوفر لديه ، ومن ثم فإن النجم يبرد حتى يصل إلى حالة استقرار عند أقصى الشمال أسفل التتابع الرئيسي في الشكل H-R ويعرف النجم في هذه الحالة بالقزم الأبيض ، فرغم أن درجة حرارته عالية الا أنه يكون أقل في القدر من +١١، ويمكن تلخيص أهم خواص القزم الأبيض فيما يلي : -

١ - يتكون من مادة في حالة انحلال .

٢ - كتلته في حدود كتلة الشمس وقد تزيد قليلا عن كتلة الشمس .

٣ - كثافة مادته حوالي مليون مرة مثل كثافة الماء . أي أن ١ سم٣ من مادته يزن طن على سطح الأرض .

٤ - تتوقف التفاعلات النووية .

٥ - يشع النجم ماهو مخزون بداخله من طاقة ويبرد بالتدريج ليصل إلى مثواه الأخير بعد فترة تقدر ببلايين السنين وهو ما يعرف بالقزم الأسود ، مع ملاحظة أن القزم الأسود يختلف عن الثقب الأسود ، فالفارق بينهما كبير.

تطور النجوم ذات الكتل الأصغر من كتلة الشمس:

النجوم التي تصغر الشمس في الكتلة تسير في مسار مشابه لقصة حياة الشمس فيما عدا أن هناك القليل من النجوم الأصغر من الشمس في الكتلة والتي تركت التتابع الرئيسي لتصل إلي مرحلة متقدمة في حياتها . فعمر الكون كما يقدره العلماء في وقتنا الحالي غير كاف بعد لكي تتطور النجوم الصغيرة وتترك التتابع الرئيسي . فهذه النجوم تتطور ببطء شديد بحيث نجد مثلا أن نجما كتلته ٠.٧٤ كتلة شمسية لابد وأن يقضي فترة تقرب من ٢٠ بليون سنة علي التتابع الرئيسي . وعلي فرض أن نجما كهذا بدأ حياته علي التتابع الرئيسي بعد فترة وجيزة من نشأة الكون فإنه مازال لديه وقت كي يترك التتابع الرئيسي ذلك لأن عمر الكون في حدود ٢٠ بليون سنة تقريبا .

تطور النجوم ذات الكتل الأقل من ١٢ كتلة شمسية:

إن النجوم ذات الكتل الاكبر من الشمس ترتفع درجات الحرارة فيها إلي قيم أعلي من الشمس لذلك فإنها تختلف في مسارها عن مسار تطور الشمس من عدة وجوه نلخصها فيما يلي :

١ - يبدأ النجم تفاعلاته النووية بتحويل الهيدروجين إلي هيليوم من خلال سلسلة بروتون-بروتون ولكن سرعان ما ترتفع الحرارة بشدة بحيث يبدأ تحول الهيدروجين إلي هيليوم من خلال السلسلة المعروفة ب CNO وهي سلسلة تكون الهيليوم بمعدل أكبر من سلسلة بروتون-بروتون

مما يسرع من احتراق الهيدروجين وبالتالي قصر عمر النجم في هذه المرحلة.

٢ – تستمر التفاعلات النووية إلي مرحلة ما بعد الكربون إلي العناصر الأثقل ولكن تتوقف التفاعلات النووية في مرحلة ما قبل تكوين الحديد في لب النجم .

٣ – تنتقل الحرارة من الداخل إلي خارج النجم من خلال انتقال الحرارة بالحمل أكثر من خروجها بالإشعاع حيث أن النجوم الكبيرة تختلف في تركيبها عن الشمس فتأتي في هذه النجوم طبقة انتقال الحرارة بالحمل بعد اللب وتكون طبقة انتقال الحرارة بالإشعاع هي الخارجية .

٤ – عندما يتكون لب من الهيليوم وتبدأ عملية انكماش اللب فإن درجة الحرارة ترتفع بسرعة مع الانكماش لتبدأ التفاعلات النووية للهيليوم قبل أن تصل الكثافة إلي مرحلة تحلل الإلكترونات.

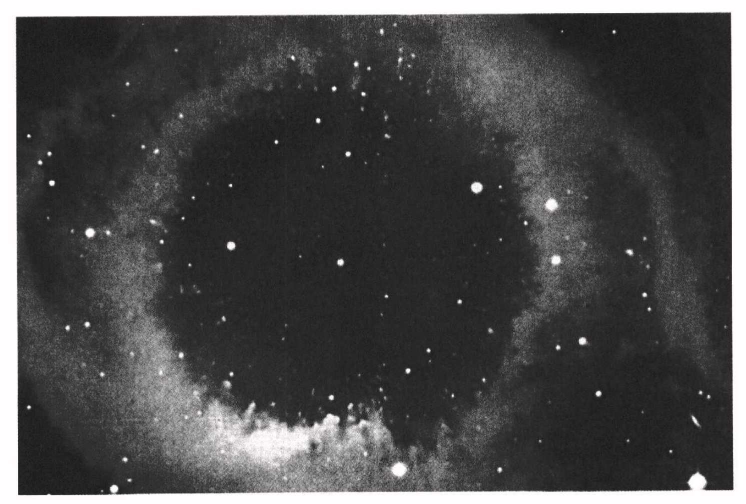
٥ – من الواضح أن النجم المتغير الذي يتكون في المراحل المتأخرة من حياة النجم يختلف حسب كتلة النجم الأصلية وإذا ما كان النجم في الأصل من الجمهرة الأولى أم من الجمهرة الثانية فمثلا النجوم التي تبدأ بكتلة أقل من كتلة الشمس ستتحول بعد مرحلة العملاق الأحمر إلى نجم متغير من نوع السلياق RR .

وفيما عدا الاختلافات السابقة فإن النجوم الأكبر من الشمس في الكتلة تتطور بحيث إذا انتهي الهيدروجين من اللب تبدأ عملية الانكماش في اللب والتمدد في الطبقات الخارجية ليصبح النجم عملاقا أحمر ويتمدد النجم عدة مرات مع كل انتهاء من مرحلة من مراحل التفاعلات النووية بحيث يزداد حجم العملاق الأحمر وفي النهاية يحدث قذف للطبقات الخارجية فيما يعرف بظاهرة السدم الكوكبية وبعدها يصبح النجم لبا عاريا في درجة حرارة عالية وكتلة تقل عن ١.٤ كتلة شمسية ومعني ذلك أن النجم قد يفقد جزءا كبيرا من كتلته في مرحلة السديم الكوكبي وما يتبقي في النهاية من النجم هي كتلة صغيرة يمكن أن نعبر عنها بأنها بقايا نجم .

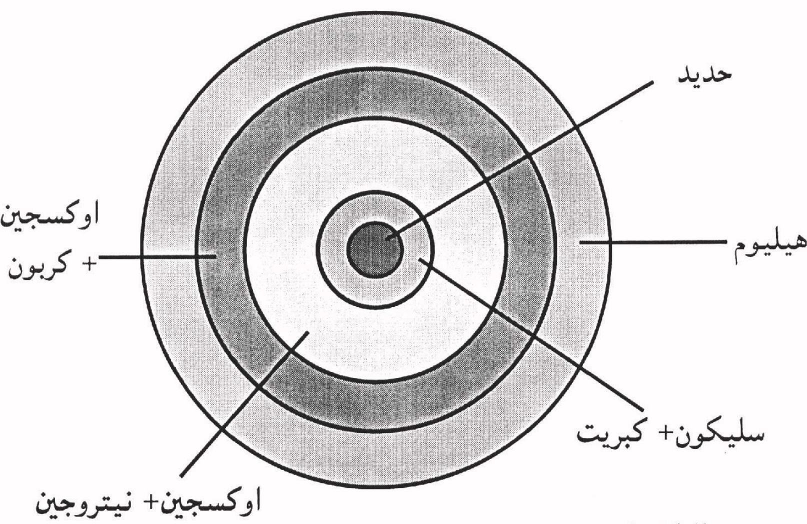
والسدم الكوكبية عبارة عن طبقات من الغاز يلفظها العملاق الأحمر قبل تحوله إلي قزم أبيض ، ومن الأمثلة علي السدم الكوكبية ما نراه في الأشكال (١١- ٣٠) ، (١١- ٣١) و (١١-٣٢) . لقد تم رصد حوالي ١٠٠٠ سديم كوكبي في مجرتنا ومن المعتقد أن يكون في مجرتنا عشرة أضعاف هذا العدد الذي رصد . وقد يحدث أن يلفظ النجم الواحد مادته علي عدة مرات بمعني أن يصبح سديما كوكبيا أكثر من مرة وهذا يحدث في النجوم ذات الكتل الكبيرة ، فلو تصورنا نجما كتلته ١٠ كتلة شمسية فإن هذا النجم لابد وأن يفقد ٨.٦ كتلة شمسية قبل أن يصبح قزما أبيض بكتلة ١.٤ كتلة شمسية . لذا فمثل هذا النجم قد يتحول لسديم كوكبي عدة مرات قبل أن يصبح قزما أبيض بكتلة صغيرة لا تزيد كثيرا عن كتلة الشمس وهذا يجعلنا نقول إن القزم الأبيض ما هو إلا بقايا نجم لفظ أغلب مادته لتتكون منها نجوما جديدة .

قصة حياة النجوم ذات الكتل من ١٢-٤٠ كتلة شمسية :

هناك العديد من النقاط الغامضة في تسلسل حياة النجوم الكبيرة ولكن السيناريو الذي نحكيه هنا يضع خطوطا عريضة لهذه القصة والتي قد تختلف بعض تفاصيلها في الدراسات النظرية المختلفة .



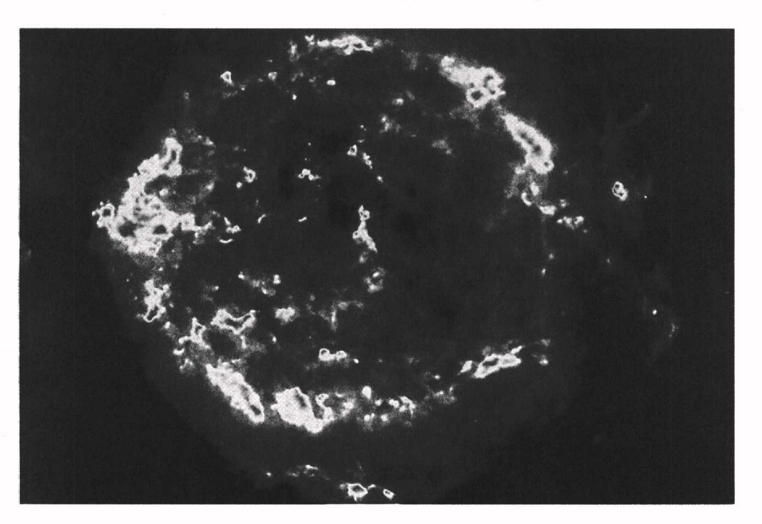
شكل (١١-٣٢) سحابة هيليكس (NGC 7293) وهي تبعد مسافة ١٢٥ بارسك من الشمس ، وهي واحدة من السدم الكوكبية . المنطقة الداكنة تمثل مركز الإنفجار



شكل (١١-٣٣) تصور نظري لتركيب اللب في نجم وصل إلى مرحلة تكوين الحديد في لبه. ومن الواضح أن اللب يتكون من عدة طبقات كل طبقة لعنصر ما تم تكوينه بالتفاعلات النووية والطبقة الخارجية من الهيدروجين. وهذا يؤكد لنا أن النجوم مصانع كونية لتكوين العناصر الثقيلة.

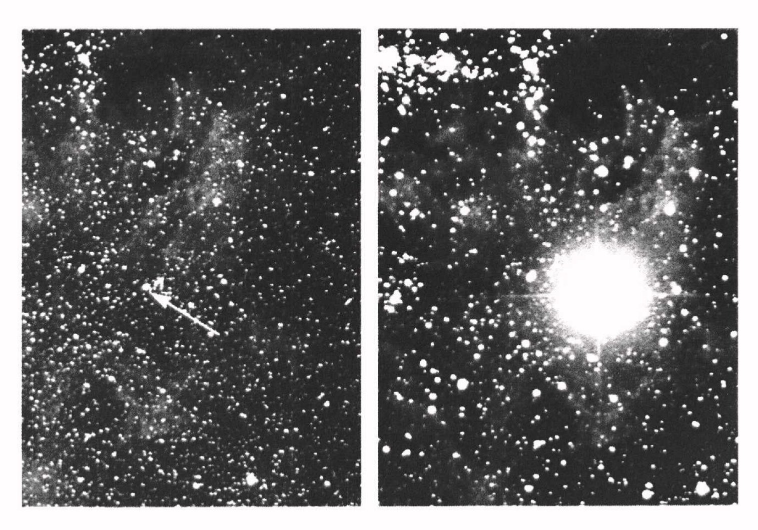


شكل (١١-٣٤) سديم السرطان في برج الثور. وهذه السحابة عبارة عن بقايا سوبرنوفا إنفجر منذ فترة طويلة ويقع على بعد ألفي بارسك وقطرها ٢ بارسك



شكل (١١-٣٥) صورة بالأشعة الراديوية لمادة الغازات المتمددة كنتيجة لانفجار نجم وهو سوبرنوفا إنفجار في النصف الثاني من القرن السابع عشر تقريباً وموجود في مجموعة الثريا

تبدأ النجوم ذات الكتل الكبيرة من ١٢ – ٤٠ كتلة شمسية حياتها على التتابع الرئيسي تماما كما تفعل النجوم الصغيرة وتستمر على التتابع الرئيسي أغلب حياتها حيث تحول تفاعلاتها النووية الهيدروجين إلى هيليوم عن طريق سلسلة التفاعلات النووية المعروفة بسلسلة C N O . تستمر عملية تحول الهيدروجين إلى هيليوم حتى يتكون لب من الهيليوم والذي يمر بالخطوات التي أشرنا إليها في قصة حياة النجوم الأكبر من الشمس ولكن تتميز النجوم الأكبر هنا بأنها تتطور بسرعة عالية حتى تصل لمرحلة الكربون وبعدها قد يتحول النجم إلى نجم متغير ثم نجم مستقر وقد يتكرر ذلك عدة مرات في تاريخ حياة النجوم الكبيرة ، ونتيجة قوة جاذبيتها العالية فإن التفاعلات النووية تستمر بحيث يتحول الكربون إلى أكسجين ثم كبريت وسيليكون وهكذا إلى أن يتكون الحديد في لب النجم ، وفي هـــذه الأثناء يفقد النجم حوالي ثلث مادته ، وبعد أن يتكون الحديد في لب النجم فإن العناصر الأثقل تحتاج إلى طاقة أكبر كي تتكون وفي نفس الوقت تعطي طاقة أقل ولذلك تمتص طاقة النجم تدريجيا ويبرد مما يساعد على انكماش النجم مرة ثانية ولكن بشكل سقوط حر وفي فترة وجيزة (حوالي ١٠ آلاف ثانية أي أقل من ثلاث ساعات) ولذلك تزداد كثافة اللب بحيث تتكسر الذرات وتتفاعل البروتونات والإلكترونات مكونة نيوترونات ، وينشأ عن ذلك خروج كم هائل من أشعة النيوترينو من النجم وبالتالي تتسارع عملية الانكماش بشكل أقوى حتى تصل النيوترونات إلى حالة التحلل كما حدث سابقا مع الألكترونات ولذلك تتوقف عملية الانكماش وينبغي أن نلاحظ أن القوة



شكل (١١-٣٦) من إنعام الله على البشرية أن يسر لنا هاتين الصورتين لنفس النجم قبل وبعد الإنفجار. وهما بذلك دليل شاف لانفجار النجوم. في الصورة على اليمين ازداد لمعان النجم بقدر مساو تقريباً لقدر مجرة بالكامل . لقد تحول النجم إلى سوبرنوفا والمعرف بسوبرنوفا ١٩٨٧ A في مجرة ماجلان الكبيرة

التي تسبب تحلل الإلكترونات أقل بكثير من القوة اللازمة لتحلل النيوترونات ذلك لأن كتلة النيوترون أكبر بكثير من كتلة الالكترون وبالتالي فإن مرحلة الانكماش هنا ستكون أكبر بكثير عما كان الحال في القزم الأبيض .

يصبح اللب الداخلي شديد الصلابة بينما تستمر المادة الخارجية في الدخول بسرعة محيطة باللب ومع توقف الانكماش بسرعة تحدث صدمات عكسية تتحرك إلى خارج النجم ويتزامن خروج أشعة النيوترينو مع الصدمة ليحدث الانفجار المعروف بالسوبرنوفا. ويصبح النجم بعد ذلك مكونا من النيوترونات ويختفي الشكل الذري تماما ، ولذلك يعرف النجم في هذه الحالة بالنجم النيوتروني .

النجم النيوتروني أو البلسار (Neutron star or Pulsar) :

تزداد كتلة النجم النيوتروني عن ١٫٥ كتلة شمسية منكمشة في كرة نصف قطرها ١٠ كم !! وقد تصل إلى ٣ كتلة شمسية ، ولذلك تكون كثافة مادته حوالي ١٠^١٤ - ١٠^١٥ جم/سم٣ (مليون × بليون جم/سم٣) أي أن السنتيمتر المكعب من مادته تزن بليون طن! إنها ظاهرة تستحق الدهشة والتعجب الشديدين فهذا أمر يصعب تصوره كيف يمكن أن تكون في الكون مادة بهذا القدر من الانضغاط؟ وبهذه الصلابة وتلك الكثافة العالية؟ فسبحان من خلق فأبدع ، وبالطبع فإن هذا النجم له كثير من الخواص العجيبة وتوجد داخل مادته من الظواهر مايدهش الألباب ويوجد في مجرتنا وحدها العديد من النجوم النيوترونية.

أما النجوم ذات الكتل الأكبر من ٤٠ كتلة شمسية فإنها تستمر في التطور إلى مرحلة ما بعد النجوم النيوترونية حيث تنتصر الجاذبية على كل القوى الأخرى وهو مايعرف بالثقب الأسود، وذلك لأن قوة الجاذبية ترغم الأشعة على العودة إليه ولذلك يبدو كثقب أسود. وتطور النجم النيوتروني إلى ثقب أسود لايستغرق فقط سوى ١/٣٠ من الثانية !! ولكن ليس من المعروف بالضبط أي الكتل تنتهي بحالة الثقب الأسود فإن ذلك يعتمد فيما يبدو على بعض الظروف للنجم مثل مقدار مايفقده من مادة أثناء تطوره وكذلك سرعة دورانه . ولكن يمكن القول إن الكتل التي تزيد عن ٣٠-٤٠ كتلة شمسية يمكن أن تنتهي كثقوب سوداء .

أهم خواص النجم النيوتروني :

كما بينا سابقا يتكون النجم النيوتروني من نيوترونات في حالة انحلال كما يحتوي القزم الأبيض على إلكترونات في حالة انحلال ، ولكن الضغط الناشيء في حالة النجوم النيوترونية يكون أشد بالطبع عما يكون في حالة الإلكترونات المتحللة ، وقد تكون كتلة النجم النيوتروني بين ١.٥ -٣ كتلة شمسية ، واذا كان نصف قطر القزم الأبيض مثل نصف قطر الأرض فان النجم النيوتروني لايزيد نصف قطره عن ١٠ كم وقوة الجاذبية على سطحه عالية جدا كما هو مبين في

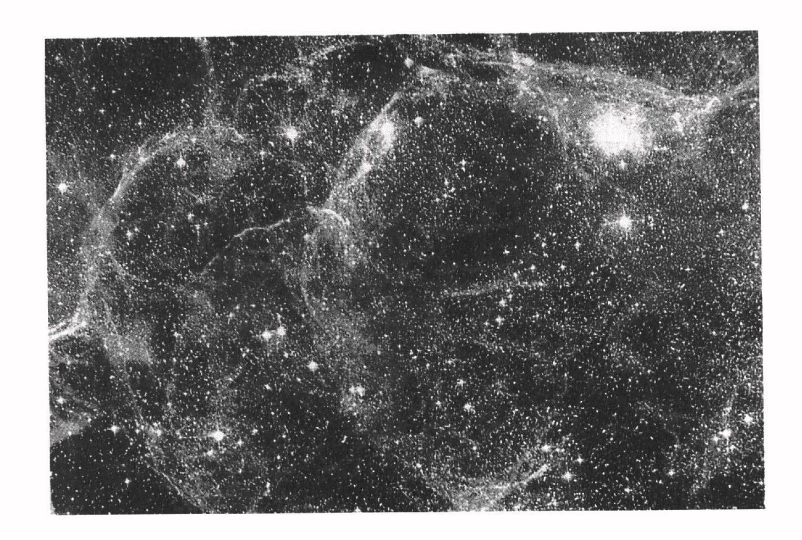
الخاصيـــــة	الشمس	القزم الأبيض	النجم النيوتروني
الكتلة	١	١	١ر٥
درجة حرارة السطح(درجة مطلقة)	٥٧٨٠	١٠ر٠٠٠	٢٠٠ بليون
القطـر	١	قطر الأرض	١٠ كــــم
الكثافة (جم / سم ٣)	١ر٤	٥ X $١٠^{٥}$	$١٠^{١٤}$
وزن ١ سم٣	أقل مما على الأرض	١ طن على الأرض	بليون طن من تربة الأرض
قوة الجاذبية على السطح	١	١ر٣ X $١٠^{٥}$	٧ X $١٠^{٩}$
معدل الطاقة المشعة إرج/ ثانية	٣ر٨٣ X $١٠^{٣٣}$	٢ X $١٠^{٣١}$	
القدر المطلق	+ ٤ر٧	+ ١١	
قوة المجال المغناطيسي	١	$١٠^{٦-٨}$	$١٠^{١٢}$ مجال أرض

جدول (١١-٥) خواص كل من الشمس والقزم الأبيض والنجم النيوتروني

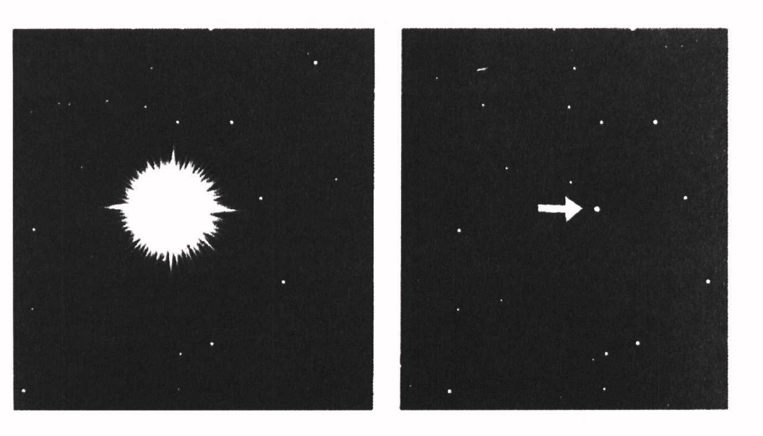
جدول (١١-٥)، سمك غلافه الجوي لايتعدى عدة سنتيمترات بينما يكون سمك الغلاف الجوي في الأقزام البيضاء حوالي ٥٠ كم ، ودرجة الحرارة على النجم النيوتروني عالية جدا ولكن لصغر حجمه يبدو معتما كما أن المجال المغناطيسي عليه أشد مما على القزم الأبيض ، وتسمى النجوم النيوترونية بالنجوم النابضة حيث تخرج منها أشعة النيوترينو من عند قطبي المجال المغناطيسي ، ونتيجة لدوران النجم الرهيب فإن أشعة النيوترينو تبدو كوميض يخرج من النجم عندما يواجه الأرض بأحد قطبيه، وإذا اعتبرنا أن النجم النيوتروني في حالة نبضه بأنه النجم الطارق والمذكور في سورة الطارق : «والسماء والطارق ، وما أدراك ما الطارق ، النجم الثاقب»، فهو يطرق السماء من حوله بقوة نبضه كما أنه يثقب ما حوله بإشعاعه النافذ أو بانفجاره الهائل في مرحلة السوبرنوفا ، وفي الحقيقة فهو آية كونية عظيمة تستحق الاعتبار والتصديق بصاحب الرسالة محمد صلى الله عليه وسلم وبما أنزل عليه من قرآن ، وإن لم يكن هذا هو المقصود في الآية الكريمة فستكشف لنا الأيام عن مدلولها الصحيح ونسأل الله العفو عن الخطأ والزلل. وقد رصد نجم نابض في سديم السرطان يعمل ٨٨٥ نبضة في الثانية وهذا أمر مدهش للغاية أن ينبض نجم بهذه السرعة العالية.

تطور الأقزام البيضاء إلى نوفا وسوبرنوفا:

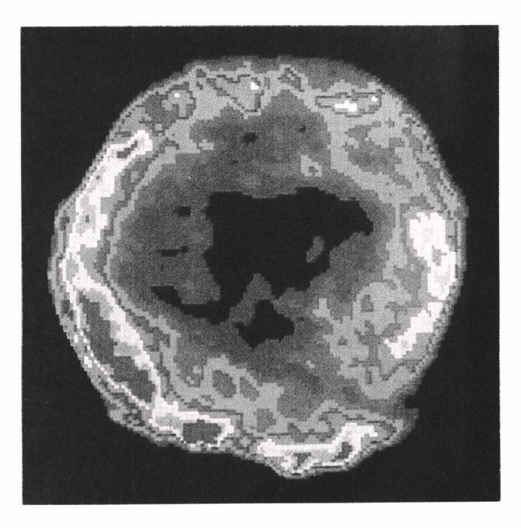
لقد أصبح معروفا لدى الفلكيين أن نجوم النوفا Nova ,والسوبرنوفا Supernova ، مرتبطة بوجود نجمين مزدوجين بحيث يكون أحدهما قزما أبيض والآخر في مرحلة عملاق أحمر ففي هذه الحالة تنتقل المادة من العملاق الأحمر إلى القزم الأبيض ، ومع زيادة كتلة القزم الأبيض تزداد حرارته فتبدأ التفاعلات النووية تعمل في لبه من جديد ومن ثم يبدو القزم الأبيض أشد لمعانا فيما يعرف بالنوفا حيث تكون درجة إشعاعه ٢٠- ٦٠٠ ألف مرة مثل الشمس ، فيصاحب ارتفاع درجة الحرارة انفجارات شديدة تنشأ عن تراكم المادة على القزم الأبيض والذي تكون مادته في حالة انحلال ولاتقبل الضغط عليها بمواد إضافية فيحدث انفجارالنوفا .



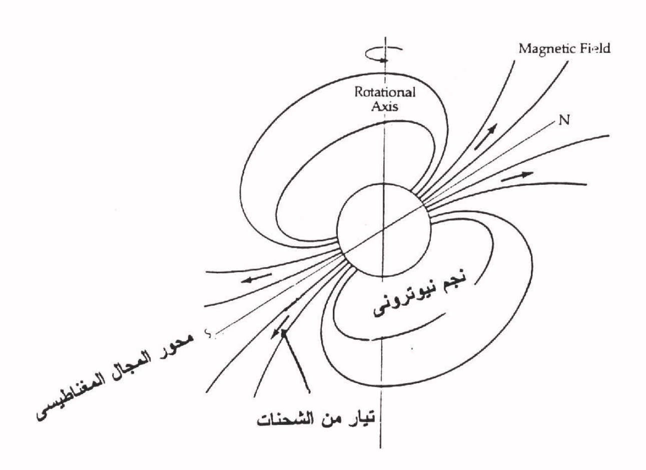
شكل (١١-٣٧) هذه واحدة من الصور المهمة التي بينت لنا طوراً من حياة النجوم. فقبل حوالي ١٢٠ قرن انفجر نجم في كوكبة الشراع وأصبح سوبرنوفا والآن نرى الغازات والمادة التي خرجت من انفجار النجم قد تباعدت عن مكان الانفجار وتحركة لمسافات بعيدة لتبرد وتتجمع بعد ذلك مكونة سحابة يتكون فيها في المستقبل نجوم جديدة. وهذه هي دورة حياة النجوم، من السحب تبدأ وإلى السحب تعود، كما خلق الانسان من التراب وإليه يعود.



شكل (١١-٣٨) صورة نجم وقد انفجر مكوناً نوفا وذلك في عام ١٩٣٤ ميلادي



شكل (١١-٣٩) صورة بالأشعة الراديوية للغازات المتمددة والناتجة عن انفجار سوبرنوفا حدث منذ أكثر من ٤٠٠ سنة وهو سوبرنوفا من النوع I والناشئ عن قزم أبيض في نظام ثنائي انتقلت إليه المادة من النجم المصاحب . ويبدو أن كل مادة النجم قد انفجرت ولم يبق منه شيء.



شكل (١١-٤٠) النجم النيوتروني والمعروف بالبلسار

وإذا كانت كتلة القزم الأبيض في حدود ١.٤ كتلة شمسية وهي أعلى كتلة ممكنة للقزم الأبيض ففي هذه الحالة تتسبب المادة التي تأتيه من النجم المصاحب في حدوث انفجار هائل يعرف بالسوبر نوفا ، ويكون انفجار السوبرنوفا الناشئ عن القزم الأبيض أشد من انفجار السوبرنوفا المصاحب لتحول النجم إلي نجم نيوتروني ، ولذلك تم تقسيم السوبرنوفا إلى سوبرنوفا I لحالة القزم الأبيض وسوبرنوفا II للحالة الثانية المصاحبة للتحول إلى نجم نيوتروني. وبعد أن يحدث انفجار السوبرنوفا I للقزم الأبيض فإنه قد يفنى بالكامل .

قصة حياة السوبرنوفا المسماة ١٩٨٧ A

هذه السوبرنوفا رصدت عام ١٩٨٧ ميلادية في سديم ماجيللان الكبير ٠ وبعد دراستها بالتفصيل استطاع الفلكيون أن يرسموا الخطوط العريضة لقصة حياتها كما يلي :-

١ – ولد منذ ١٠ مليون سنة ، وقد كانت كتلته أنذاك ٢٠ كتلة شمسية ، وقد قضى ٩٠٪ من عمره على التتابع الرئيسي كنجم عادي وفي حالة استقرار، وكان يشع ٦٠ ألف مرة مثل الشمس ودرجة حرارة لبه في هذا الوقت كانت ٤٠ مليون درجة مطلقة وكثافته ٥ جم/ سم٣ ٠

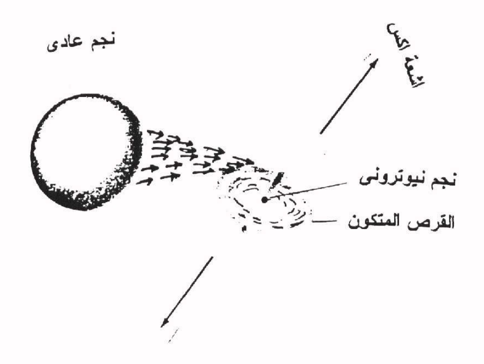
٢ – بعد فترة تكون لب من الهيليوم كتلته ٦ أمثال كتلة الشمس ، ثم ارتفعت الكثافة إلى ٩٠٠ جم/سم٣ وأصبحت درجة حرارة اللب١٧٠ مليون درجة مطلقة حيث تبدأ تفاعلات الهيليوم لتكوين كربون ثم أكسجين ٠ وفي ذلك الوقت تمدد النجم الى مايعادل المسافة بين الأرض والشمس كما ازداد اللمعان إلى ١٠٠ ألف مرة مثل الشمس ليصبح بذلك عملاقا أحمر ضخما، وفي هذا الوقت فقد النجم جزءا من مادته في شكل رياح نجمية٠

٣ – بعد مليون سنة من بدء تفاعلات الهيليوم تكون لب من الكربون والأكسجين وتوقفت التفاعلات مرة ثانية ، وبالتالي انكمش النجم وأصبح عملاقا أزرق لامعا ٠

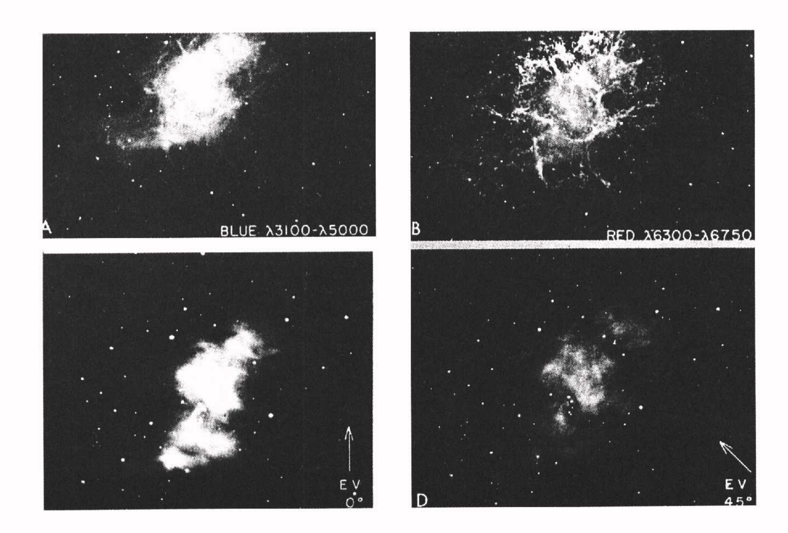
٤ – عندما وصلت الحرارة الى ٧٠٠ مليون درجة مطلقة والكثافة إلى ١٠٠ ألف جم/سم٣ بدأ تحول الكربون إلى نيون وصوديوم ومغنيسيوم ، وهذا الطور استمر فقط ألف سنة ٠

٥ – بعد تكون لب جديد من النيون والصوديوم والمغنيسيوم توقفت التفاعلات وانكمش النجم حتى وصلت الكثافة الى ١٠ طن لكل سم٣ وارتفعت درجة الحرارة إلى ٥ر١ بليون درجة مطلقة في لب النجم ، وهذا الطور استمر عدة سنوات ٠

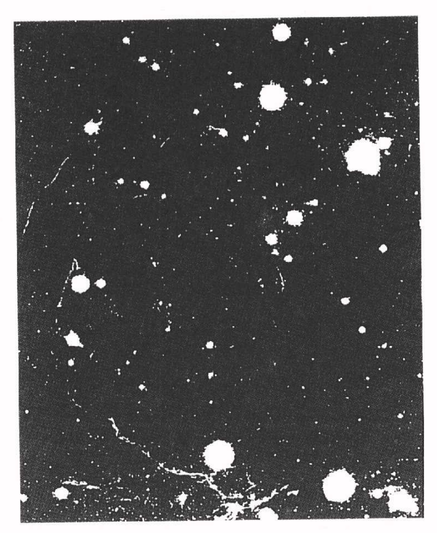
٦ – عندما وصلت الحرارة إلى ٥ر٣ بليون درجة مطلقة تكون حديد في اللب ، وبعد ذلك انكمش النجم لتتفتت الذرات وتتفاعل الألكترونات والبروتونات وتتكون نيوترونات تقبل الضغط لحدود الانحلال وبعدها توقف الانكماش في مركز اللب فحدثت صدمة عكسية كرد فعل على توقف الانكماش مما أدى إلى حدوث الانفجار المعروف بالسوبرنوفا وهي الحالة التي شوهدت عليها السوبرنوفا ٠ وهذا الطور يأخذ عشرات الثواني فقط ٠ بعدها يتحول النجم إلى نجم نيوتروني حيث تصل الكثافة فيه إلى أكثر من بليون طن لكل سم مكعب ودرجة الحرارة تكون في حدود ٢٠٠ بليون درجة مطلقة ٠



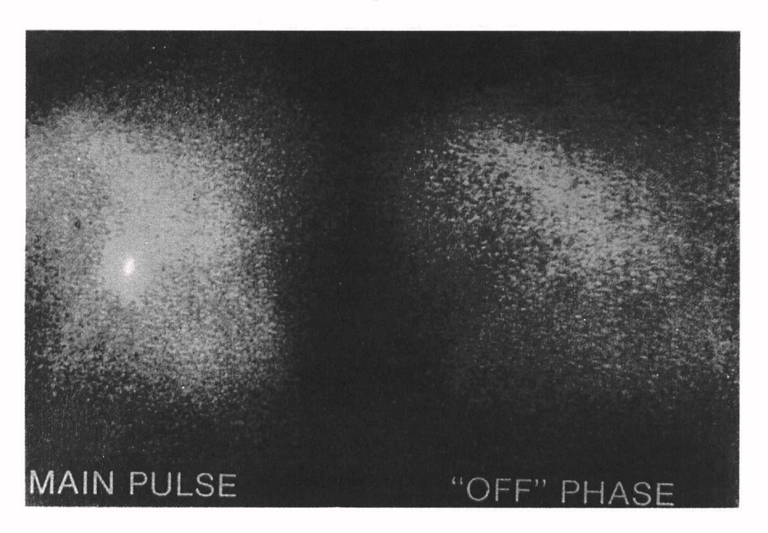
شكل (١١-٤١) تنتقل المادة من النجم المصاحب إلى النجم النيوتروني وتكون قرصاً يحيط بالنجم، ويسخن القرص إلى درجة حرارة عالية بحيث تخرج منه أشعة سينية بكميات هائلة.



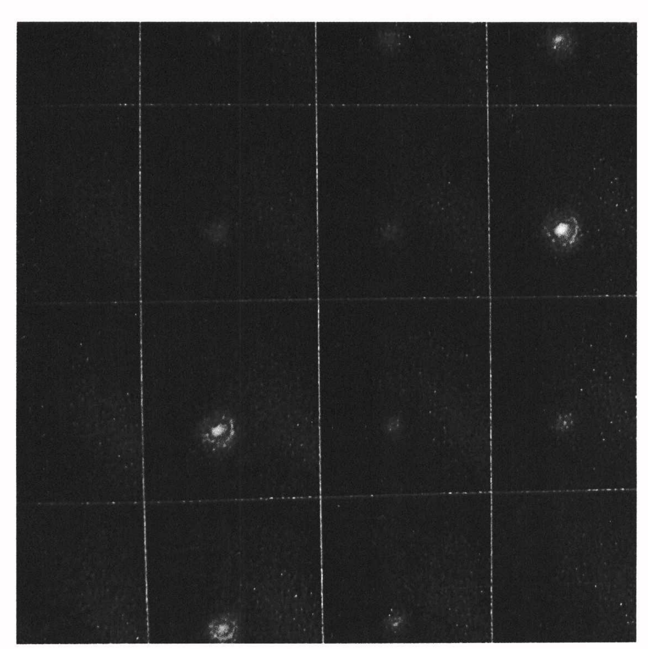
شكل (١١-٤٢) سديم السرطان والذي يحتوي على سوبرنوفا . الصور الأربع أخذت في أوقات مختلفة



شكل (١١-٤٣) بقايا سوبرنوفا فيللا، ويظهر في الصورة خطوط الغاز وهي تتباعد عن مكان الانفجار



شكل (١١-٤٤) صورتان لنفس النجم النيوتروني . على اليمين لا يظهر النجم بينما على الشمال يظهر النجم وهو خافت جداً. انه بقايا نجم كان ذات يوم نجماً كبيراً كتلته ما بين ١٢ - ٤٠ كتلة شمسية



شكل (١١-٤٥) صور متتابعة لنجم نيوتروني . بعض الصور لا يظهر فيها شيء وبعضها يظهر فيها نبض النجم النيتروني ولذلك يعرف بالنجم النابض (pulsar) .

الأشعة السينية (أشعة إكس) :

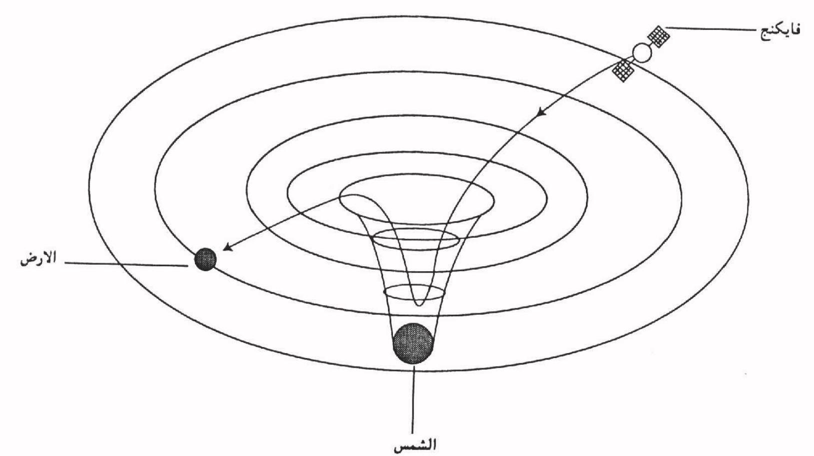
إذا حدث أن كان النجم النيوتروني في نظام مزدوج مع نجم عملاق أحمر أو كان النجم المصاحب من النجوم اللامعة فإن المادة تخرج من النجم المصاحب وتنتقل إلى النجم النيوتروني ، ولكنها لن تضاف إلى مادته كما كان في حالة الأقزام البيضاء بل تدور المادة حول النجم النيوتروني بفعل دورانه الشديد وتكون حلقة حول النجم يسقط القليل منها نحو النجم ، وترتفع درجة الحرارة في هذه المادة لتصل إلى ملايين الدرجات بحيث تصبح في حالة كافية لإرسال الأشعة السينية ، وبذلك يعتبرالنجم النيوتروني في هذه الحالة أحد المصادر المهمة للأشعة السينية .

بالرغم من أننا لم نر ثقبا أسود حتى الآن إلا أنه من الصعب علينا أن نتخيل عدم وجوده ، حيث إنه يعتبر أفضل الطرق لتفسير تطور النجوم ذات الكتل العالية إلى حالة مابعد النجوم النيوترونية ، بالإضافة إلى تفسير ماهو موجود داخل مركز المجرات أو النقص الملحوظ في كتلة الكون المرئي ، وهناك مجموعة من النجوم يظن العلماء أنها تمثل حالة الثقوب السوداء ولكن هذا الظن لم يصبح مقطوعا به حتى الآن ، وبمنتهى البساطة فإن فكرة الثقوب السوداء تعني أن قوة الجاذبية تعمل على ارتداد الأشعة التي تصدر من النجم بحيث ترغمها على العودة إلى النجم مرة ثانية وبالتالي لايرى منها شيء ولذلك لايمكن أن نرى الثقب الأسود . وقد لوحظ انحراف الضوء المار قريبا من الشمس مما يدل على تأثير قوة الجاذبية للشمس على الضوء ، ولذلك يمكننا القول بأن قوة الجاذبية الهائلة التي يمتلكها الثقب الأسود قد انتصرت علي القوى الأخرى وتمنع الضوء من الخروج من النجم ، وتعتبر هذه المرحلة مرحلة انتصار الجاذبية . وتدل الحسابات على أن نجما في حجم الشمس حينما يصبح ثقبا أسود لابد وأن ينكمش حتى يصبح نصف قطره حوالي ٣ كم ، ونتيجة لقوة الجاذبية العالية وعدم خروج أشعة من الثقوب السوداء فإنه ليس لدينا أمل في رؤيتها . ولكن علينا أن نتعرف عليها من خلال تأثير جاذبيتها على الوسط المحيط بها .

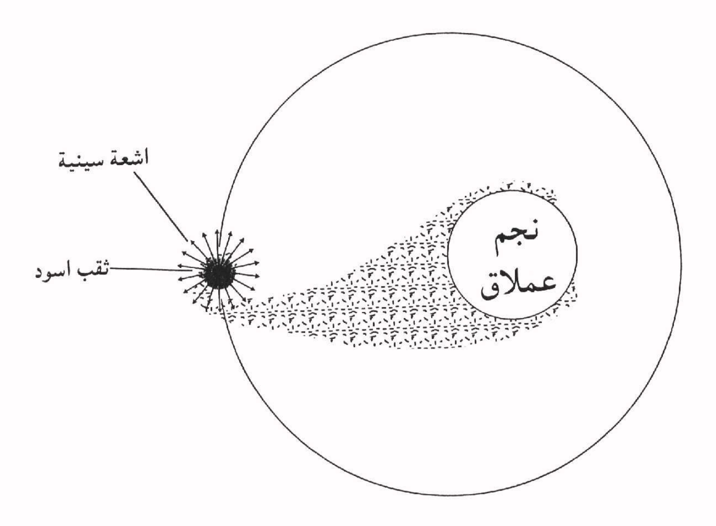
الجسم	نصف القطر كثقب أسود
الشمس	٣ كم
الأرض	٩ر سم
المشترى	٩ر٢سم
نجم كتلته ١٥٠ كتلة شمسية	١٥٠ كم
حشد نجمي	٥٠ ألف كم
نواة المجرة	١ - ١٠٠ مليون كم

جدول (١١-٦) حجم الثقب الأسود

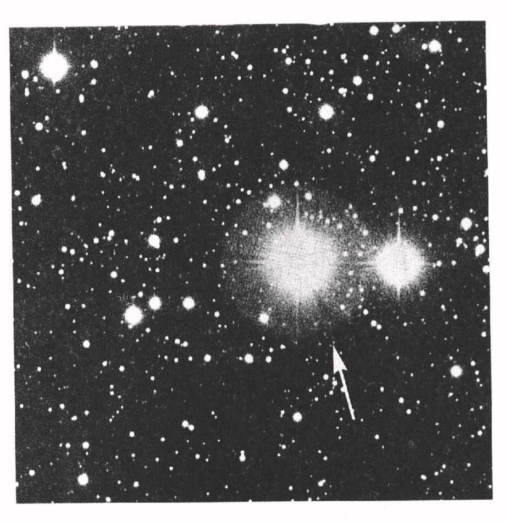
تقول نظرية النسبية العامة : لا بد أن يتأثر الفضاء المحيط بالثقب الأسود بحيث يحدث له انحناء في اتجاه الثقب الأسود ، ويعتقد الفلكيون أن الثقب الأسود إذا كان عضوا في نظام ثنائي فإنه كما كان الحال في النجوم النيوترونية تنتقل المادة من النجم المصاحب إلى الثقب الأسود فتدور حوله مكونة حلقة من المادة التي ترتفع درجة حرارتها إلى أكثر من مليون درجة مطلقة ولذلك تكون مصدرا للأشعة السينية ، وبالتالي فيمكن لكل من النجوم النيوترونية والثقوب السوداء أن تكون مصدرا للأشعة السينية ، ويصعب التفريق بين الحالتين فكتلة الثقب الأسود يصعب تحديدها ، وهناك محاولات لمعرفة قوة الجاذبية للثقب الأسود عن طريق تأثيره على النجم المصاحب والذي يمكن رؤيته وحساب سرعته في مداره ، أو عن طريق انحراف الضوء المار بالقرب منه ، فمما يعتقده العلماء أن



شكل (١١-٤٦) تجربة مثيرة قامت بها مركبة فايكنج. حيث أرسلت إشارة راديوية إلى الأرض . ومن الواضح أن الإشارة وهي في طريقها إلى الأرض قد سارت في مسار منحنى نحو الشمس بحيث وصلت بعدها إلى الأرض متأخرة عما لو كانت قد تحركت في مسار مستقيم. وهذا يؤكد أن جاذبية الشمس هي التي تسببت في انحناء الإشارات الراديوية، ولذلك نتوقع أن ينحرف ضوء النجوم البعيدة نحو الثقوب السوداء قبل أن يصلنا . فهل يمكن أن ننجح في استخدام هذه الظاهرة في التعرف على الثقوب السوداء؟



شكل (١١-٤٧) منظر تخيلي لثقب أسود في نظام ثنائي. يجذب الثقب الأسود مادة النجم المصاحب لتدور حول الثقب الأسود مكونة طبقة مضغوطة من المادة الساخنة والتي ترسل أشعة سينية بكمية هائلة.



شكل (١١–٤٨) نجم عملاق ضخم أزرق اللون (HDE 226868) يدور حول نجم الدجاجة X-1 (Cygnus x-1) والذي يعتقد العلماء أنه قد تحول إلى ثقب أسود ولذلك لا نراه.

الثقب الأسود يجعل الوسط المحيط به منحنيا نحوه وبالتالي ينحرف الضوء القريب منه ، ولكن كيف نستطيع أن نحدد أن انحراف الضوء بسبب الثقب الأسود أم بسبب المجرات الموجودة بيننا وبين مصدر الضوء؟ ثم كيف يتأتى لنا أن نقيس قوة الجاذبية للثقب الأسود ؟ فإنها بلا شك قد تكون الوسيلة المهمة في تمييزه عن النجم النيوتروني ، ولكن ذلك كله ينتظر أن تتطور أجهزة الرصد لتمكننا من التعرف على قياس قوة الجاذبية بالدقة المطلوبة .

وتعتبر الثقوب السوداء أشد مراحل حياة النجوم إثارة وإعجازاً ، فجاذبيته الرهيبة تجعله يبتلع ماحوله . ونتيجة لعجز العلماء في فهم الكثير من أسرار الثقوب السوداء فقد بدء بعضهم يضرب في أبواب الخيال العلمي حيث وضعت تصورات عديدة ونسجت قصص خيالية حول الدور الذي تلعبه الثقوب السوداء في الكون ولكننا هنا نعود مرة ثانية للآيات الأولى من سورة الطارق : «والسماء والطارق وما ادراك ما الطارق ، النجم الثاقب» . فالثقب الأسود يحقق صفة مذكورة في هذه الآيات حيث أنه يثقب الكون في الموضع الذي يكون فيه ومن حوله . كما أن القسم قد يكون فعلاً بالثقب الأسود لكونه أشد حالات النجوم غرابة وإعجازاً من حيث كونه آية كونية عظيمة .

ملخص :

١ – تزداد نسبة اللمعان لنجمين بزيادة فارق الأقدار بينهما ٠

٢ – الأنواع الطيفية للنجوم هي O,B,A,F,G,K,M ٠

٣ – القدرالظاهري هو القدرالذي نرصده للنجوم ٠

٤ – القدر المطلق هو القدر الذي يأخذه النجم إذا كان على بعد ١٠ بارسك ٠

٥ – القدر المطلق للنجوم يعبر عن حقيقة لمعان النجوم ٠

٦ – يمكن استخدام الشكل H-R في التعرف على خصائص النجوم ٠

٧ – تنتظم أغلب النجوم في خواصها على شريط التتابع الرئيسي وتظل عليه أغلب حياتها ٠

٨ – النجوم الساخنة تكون على شريط التتابع الرئيسي من أعلى ٠

٩ – النجوم الباردة تكون على شريط التتابع الرئيسي من أسفل ٠

١٠ – الشمس من نجوم التتابع الرئيسي وهي من النوع الطيفي G2 ٠

١١ – النجوم العمالقة الحمراء تكون فوق التتابع الرئيسي أما الأقزام البيضاء فتكون تحت التتابع الرئيسي ٠

١٢ – يمكن حساب بعد النجم بمعلومية القدرين الظاهري والمطلق ٠

١٣ – توجد الكثير من النجوم في نظام مزدوج بحيث يدور النجمان حول مركز جاذبيتهما ٠

١٤ – للنجوم المزدوجة أهمية كبيرة في حساب كتل النجوم والتعرف على بعض خواصها ٠

١٥ – النجوم المتغيرة هي نجوم غير ثابتة في مقدار لمعانها وحجمها ، وهي تمثل حالة من الإضطراب تحدث للنجم في بعض مراحل حياته ٠ فإذا دخل النجم في مرحلة إضطراب فإنه يتمدد أو ينكمش بشكل دوري فيظهر كنجم نابض أو منفجر ٠

١٦ – تعتبر النجوم المتغيرة وسيلة هامة في التعرف على أبعاد حشود النجوم والمجرات ٠

١٧ – النجوم أعلى التتابع الرئيسي تختلف عن الشمس في التركيب بينما النجوم أسفل التتابع الرئيسي فإنها تشبه الشمس في التركيب ٠

١٨ – يمكن من خلال سلسلة التفاعلات النووية معرف المراحل التي يمر بها النجم في مسار حياته وبالتالي يمكن تقدير عمره ومستقبل تطوره .

و يمكننا أن نلخص قصة حياة النجوم في الخطوات التالية :

١ – تتكون النجوم داخل السحب بين نجمية بكتل مختلفة ، ويتحدد نوع النجم حسب كتلته و يختلف مسار حياته تبعا لذلك .

٢ – يقضي النجم معظم حياتـــه على التتابع الرئيسي كنجم في حالة اتزان هيدروستاتيكي ويكون مصدر الطاقة النووية هو تحول الهيدروجين إلى هيليوم .

٣ – عندما يتكون لب من الهيليوم فإن النجم يبرد وينكمش لبه مما يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة فتتمدد طبقات النجم الخارجية ليصبح النجم عملاقا أحمر وبالتالي يتحرك النجم إلى أعلى وإلى اليمين في الشكل H-R وهذا يدل على أن لمعان النجم قد زاد بينما انخفضت حرارته، وفي نفس الوقت الذي تتمدد الطبقات الخارجية للنجم فإن اللب يستمر في الانكماش حتى يصل إلى حالة تحلل الإلكترونات وعندها تتزايد الحرارة بشكل تسارعي حتى تبدأ تفاعلات الهيليوم النووية مرة أخرى .

٤ – مع بدء شرارة الهيليوم يتمدد اللب لتختفي حالة تحلل الإلكترونات ويصبح النجم أكثر لمعانا ويعود إلى الإتزان الهيدروستاتيكي.

٥ – تستمر تفاعلات الهيليوم حتى يتكون لب من الكربون فيبرد النجم وينكمش مما يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة فتتمدد الطبقات الخارجية للنجم ليصبح عملاقا أحمر مرة ثانيـــة وفي نفس الوقت يستمر انكماش اللب حتى تتحلل الإلكترونات تماما كما شرحنا في الخطوة الثالثة .

٦ – تحدث بعد ذلك تغيرات سريعة يصعب تحديدها نظريا وعمليا ولكن تشير الدراسات النظرية إلى أن النجم يتحول إلى نجم متغير حيث يبدأ في التمدد والانكماش بشكل دوري(في حالة الشمس ستتحول في الغالب لنجم متغير من النجوم الفيفاوية) ثم يصل النجم لمرحلة يقذف فيها جزء من مادته (طبقاته الخارجية) مشكلا ما يعرف بالسديم الكوكبي وبانتهاء هذه الفترة يصبح النجم عبارة عن لب عار درجة حرارته تبلغ ١٠٠ ألف درجة مطلقة .

تابع ملخص :

٧ - تتوقف التفاعلات النووية حيث يبرد النجم ويصبح في الحالة المعروفة بالقزم الأبيض والذي يبرد بدوره ليصبح قزما أسود لا نستطيع أن نراه .

٨ - إذا كانت كتلة النجم تزيد عن ٥-١٢ كتلة شمسية فإنها ستنتهي أيضا بقزم ابيض ولكن مقدار القذف سيكون أكبر وبالتالي فإن مقدار مايفقده النجم من كتلة سيزداد ،كما أن التفاعلات النووية ستستمر إلى ما بعد الكربون.

٩ - النجم الذي له كتلة تزيد عن ١٠ كتلة شمسية لابد وأن يفقد ٩٠٪ من كتلته حتى يتحول إلى قزم ابيض.

١٠ - في كل مرة يتكون لب من المادة الأثقل تتوقف التفاعلات فينكمش النجم ويتمدد وقد يحدث أثناء ذلك أن يدخل النجم في مرحلة من التغير الدوري ليصبح نجما متغيرا.

١١ - قد يتحرك نبض القزم الأبيض مرة ثانية إذا كان في نظام مزدوج وكان النجم المصاحب عملاقا أحمر،حيث تنتقل المادة من العملاق الأحمر إلى القزم الأبيض فتزداد كتلته وبالتالى تعود التفاعلات النووية لتكمل مسيرتها حتى تكون الحديد أو بمقدار المادة المضافة إليه.

١٢ - إذا كانت كتلة النجم الأصلية تزيد عن ١٢ كتلة شمسية فإن النجم سيكون أسرع في التطور وستنتهي حياته كنجم نيوتروني كتلته لا تزيد عن ٣ كتلة شمسية.

١٣ - إذا كانت كتلة النجم في بداية حياته تزيد عن ٣٠-٤٠ كتلة شمسية فإنه يستمر في التطور إلى أن يصبح ثقبا أسود .

أسئلة الباب الحادي عشر

١ – عرف كلا من : القدر الظاهري والقدر المطلق ·

٢ – يمكن تمييز النجوم إلي أنواع حسب طيفها · بين ذلك مع شرح للشكل H- R ·

٣ – ماالفرق بين النجوم المتغيرة وغير المتغيرة ؟

٤ – نجمان O,M · هل يمكن أن يكونا من عمر واحد ؟ أيهما يمكن أن يكون أطول عمرا ؟

٥ – اذكر ماتعرفه عن سلسلة التفاعلات النووية ·

٦ – تزداد نسبة العناصر الثقيلة في الكون · بين ذلك ·

٧ – قارن بين : الشمس – نجم خافت – نجم لامع ·

٨ – اذكر قصة حياة الشمس باختصار·

٩ – ما ظروف تحول نجم الى سوبرنوفا ؟

١٠ – ما ظروف تحول نجم الى نجم نيوتروني ؟

١١ – الثقوب السوداء أجسام لانراها · فما الذي يدل على وجودها أصلا ؟

١٢ – ماذا تعرف عن السحب بين النجوم ؟ وهل هي تشبه السحب في غلافنا الجوي؟

١٣ – ماذا تعرف عن : النجوم النابضة – النجوم المستعرة –السوبرنوفا – النوفا –البلسار ؟

أجب بصح أو بخطأ ثم صوب الخطأ :

١ – النجوم المزدوجة نجوم متغيرة بشكل حقيقي ·

٢ – القدر المطلق للزهرة أعلى من القدر المطلق للقمر ·

٣ – لابد وأن تكون النجوم من النوع G ألمع من نجوم النوع M ·

٤ – النجوم من النوع G لون طيفها أحمر ·

٥ – النجوم أعلى التتابع الرئيسي تشبه الشمس في تركيبها الداخلي ·

٦ – يزداد اللمعان بزيادة القدر ·

٧ – نجوم النوع O ليس بها كورونا ·

٨ – عمر نجم من النوع O يكون أطول من عمر نجم من النوع M لأن الثاني أصغر في كتلته من النوع الأول ·

٩– السوبر نوفا ألمع من النجم النيوتروني ·

١٠– المجال المغناطيسي أعلى في النجم النيوتروني عما في الشمس ·

١١– ستتحول الشمس في نهاية حياتها إلي نجم نيوتروني ·

١٢- العملاق الاحمر أشد لمعانا من الشمس .

١٣- النجوم اللامعة تتحول إلي عملاق أحمر ضخم .

١٤- العملاق الأحمر الضخم ألمع من العملاق الأحمر.

١٥- إذا زادت كتلة النجم الأصلية عن ٥ كتلة شمسية فسيتحول في نهاية حياته إلي ثقب أسود .

١٦- الثقب الأسود لونه أسود .

١٧- كتلة الثقب الأسود لابد وأن تكون أكبر من كتلة القرم الأبيض .

١٨- الكثافة أعلي في النجم النيوتروني عما في القزم الأ بيض .

علل مايلي من النقاط :

١ - حدوث انفجار السوبرنوفا ٠

٢ - رغم أننا لم نر ثقبا أسود إلا أن الدلائل تشير إلى وجوده ٠

٣ - يصغر حجم النجم إذا دخل في مرحلة القزم الأبيض أو النجم النيوتروني ٠

٤ - النجم النيوتروني قد يكون مصدرا للأشعة السينية ٠

٥ - لايتكون حديد في لب الشمس ٠

اختر أصح الإجابات في كل نقطة ممايلي :

١- أ - النجم النيوتروني يتحول في نهاية عمره إلى سوبرنوفا ٠

ب - لابد وأن تتحول الشمس في نهاية حياتها إلى ثقب أسود ٠

ج - القزم الأبيض نجم خافت ٠

٢- السوبرنوفا تحدث كنتيجة :

أ - لانكماش سريع

ب - لوجود ثقب أسود يجتذب نجما صغيرا

ج - مجرات تصطدم

د - كوازار تصطدم ٠

٣ - النجوم الخافتة أكثر من اللامعة لأنها :

أ - تتكون بمعدل أكثر

ب - لأنها تعيش أكثر

ج - لأنها صغيرة في الكتلة

د - لأنها صغيرة في الحجم

٤ - إذا تكون لب من الهيليوم داخل النجم فستحدث الخطوات التالية :

أ - يتمدد النجم إلى عملاق أحمر ثم ينكمش إلى عملاق أزرق ثم يتحول لقزم أبيض .

ب - يتمدد النجم إلى عملاق أحمر ثم ينكمش اللب حتى تتحلل الإلكترونات ثم ترتفع درجة الحرارة حتى تبدأ التفاعلات النووية مرة ثانية

ج - يتمدد النجم إلي عملاق أحمر ثم ينكمش اللب حتى يصبح النجم عملاقا أزرق ثم تتحلل الإلكترونات ثم تبدأ تفاعلات الهيليوم النووية

٧ - أي الأجسام التالية مادته غير منكمشة بشدة :

أ- ثقب أسود

ب- قزم أسود

ج- الشمس

د- سحابة الجوزاء

٨ - اختلاف النهاية التي يصل إليها النجم في حياته تعتمد على :

أ- سرعة الدوران

ب- درجة التفاعلات النووية

ج - الكتلة

د- العناصرالثقيلة

الباب الثاني عشر

الكـــون The Universe

الباب الثاني عشر
الكـــون The Universe

إن كثيرين يحسبون عدد النجوم الثابتة (١٠٢٥) مع أنها أكثر من ذلك بكثير أما النجوم الخفية فإنها أكثر من ذلك بكثير. أبو الحسن الصوفي (٢٩١ هجرية).



شكل (١٢-١) المجرة الحلزونية NGC 253 وهي غنية بالغبار الذي يخفي الكثير من المعالم الداخلية للمجرة

ويتكون هذا الباب من خمسة فصول :

١ - مجرتنا : حيث تجد تفاصيل المجرة التي نتبعها ونعتبر جزءا منها وهي مجرة درب التبانة .

٢ - حشود النجوم : وفيه نتعرف على أنواع الحشود النجمية .

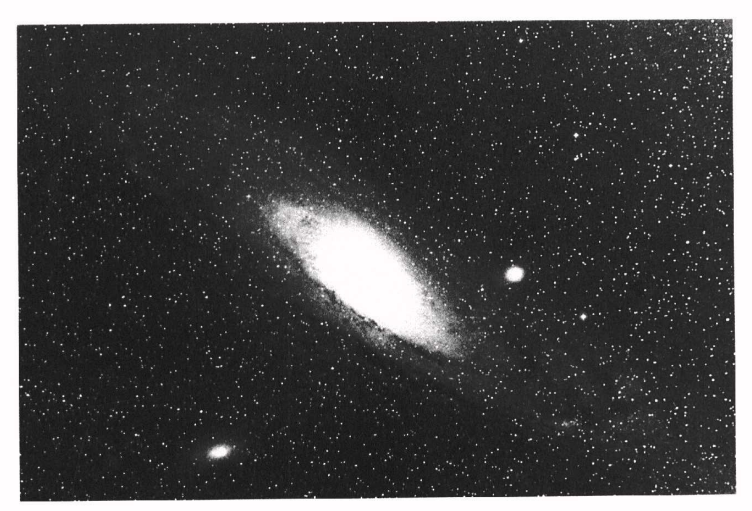
٣ - المجرات : حيث نتعرف على أنواع المجرات وخواصها وحشودها وتمدد الكون وعدسة الجاذبية .

٤ - المجرات الشاذة الغامضة : حيث ندرس هذه النوعية النشطة من المجرات ونحاول فهم سر نشاطها .

٥ - حشود المجرات .

الفصل الأول
مجرتنـــــا

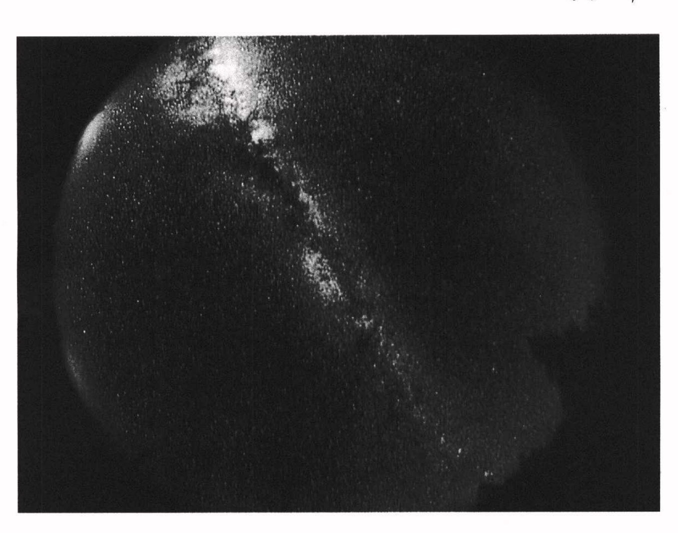
إن المجرة التي تقطنها شمسنا عبارة عن تجمع هائل من النجوم أنظر شكل (١٢-٣)، إذ تحتوي المجرة على ٣ إلي ٤×١٠^{١١} نجما أي مئات بلايين النجوم ، وتمتد المجرة إلي مسافة كبيرة تقدر بحوالي ١٠٠ ألف سنة ضوئية وشكل المجرة التي نقطن داخلها حلزوني كما هو مبين في الشكلين (١٢-٤) و (١٢-٥) ، وهي تتكون من نواة تبدو ككتلة واحدة من شدة تقارب النجوم داخلها ويحيط بالنواة أذرع حلزونية الشكل بالإضافة إلى هالة ضخمة ، وتحتوي الأذرع على سحب غازية تسمى السحب بين نجمية بالإضافة إلى النجوم ، ويحيط بالنواة سحب كثيفة تخفي نواة المجرة وما يدور بداخلها ، وتوجد الشمس على طرف أحد الأذرع على مسافة ٣٠ ألف سنة ضوئية من مركز المجرة ، ولذلك فإن المسافات بين النجوم كبيرة في المنطقة التي توجد فيها الشمس وهذه ميزة مهمة لتوفر الحياة نهارا ومجيء الليل عند غروب الشمس ولوكنا نسكن بالقرب من منطقة النواة لوجدناها مكتظة بالنجوم بالإضافة إلى أن الجاذبية تكون هناك عالية مما يستحيل معه وجود نجم حوله كواكب مثل المجموعة الشمسية. وبافتراض أن كتلة الشمس هي كتلة متوسطة بالنسبة لنجوم المجرة فإننا نستطيع أن نقول أن كتلة المجرة في حدود من ١×١٠^{١١} إلي ٢×١٠^{١٢} كتلة شمسية أي حوالي ٠,١ - ٢ مليون مليون كتلة شمسية. ونلاحظ أن عدد النجوم يزداد كلما توجهنا ناحية مركز المجرة ، ويوجد داخل المجرة مجال مغناطيسي منتظم تقريبا ولكنه يزيد في أماكن تركيز الكتلة ويزيد بالطبع



شكل (١٢-٢) مجرة المرأة المسلسلة M31 (Andromeda) وهي مجرة حلزونية تشبه مجرتنا إلى حد كبير

داخل النجوم حسب نوعها وتطورها، وتوجد النجوم حديثة التكوين في الأذرع حيث يكون الضغط عاليا وحيث توجد السحب بين النجميه وهي التربة التي تتكون داخلها النجوم ، وتستخدم النجوم المتغيرة في تحديد الأبعاد سواء داخل المجرة أو لقياس أبعاد المجرات الأخرى ، وذلك لأن النجوم المتغيرة معلومة القدر المطلق ودورة تغيره ، ويعتبر مركز المجرة أو النواة من الأشياء المحيرة فإنه يبدو كما لو كان في مركز المجرة جسم كتلته حوالي مليون كتله شمسية ، بالطبع هذه الكتلة صغيرة بالنسبة لكتلة المجرة ولكنها أكبر من أي نجم نعرفه فهل يوجد في المركز حشد من النجوم بحيث تكون نجومه قريبة جدا من بعضها ؟ وقد يرجح البعض الآخر أن هذا الجسم في مركز المجرة عبارة عن ثقب أسود ضخم وهذا يفسر سرعة دوران المادة القريبة من مركز المجرة بالإضافة إلى تفسير التفاعلات العنيفة والقوية التي رصدت صادرة من مركز المجرة وكذلك الأشعة السينية التي تأتي بقوة من مركز المجرة ، ولكن على العموم مازالت النواة أحد أسرار مجرتنا. لقد تعرفنا بسرعة على أجزاء المجرة والآن ندخل إلى أعماق المجرة لنتعرف عليها بالتفصيل .

وصف عام للمجرة:



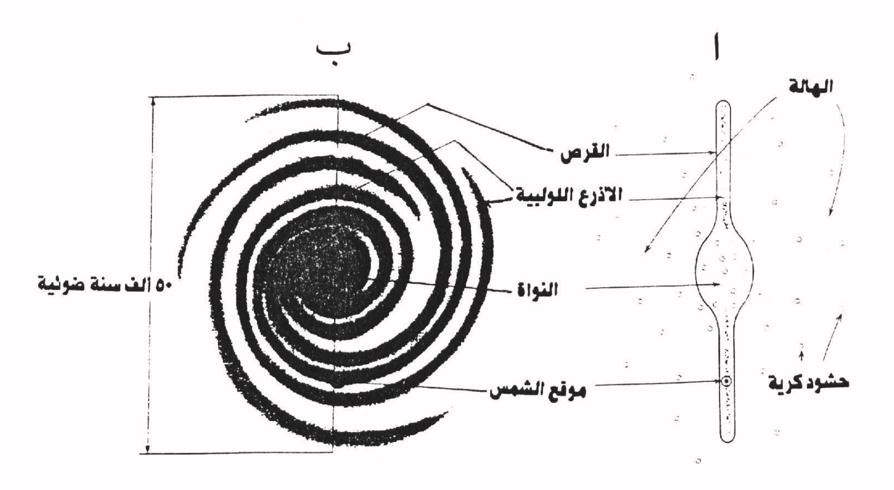
شكل (١٢-٣) مجرة درب التبانة كما نراها في الليل بالعين المجردة في ليلة صافية . إنها مجرتنا التي ننتمي إليها وتقع شمسنا على أحد أذرعها. ترى النجوم في الصورة كما لو كانت متجمعة في درب من السماء ولذلك سماه العرب من قبل درب التبانة. إن المنظر الذي نراه لا يعبر عن حقيقة شكل المجرة فنحن نعيش داخل المجرة وليس من الممكن تصوير شكلها الخارجي. ولكن عرف شكلها الخارجي من مقارنتها مع المجرات الأخرى.

باستخدام طرق الرصد الحديثة في الأشعة الراديوية وتحت الحمراء بالإضافة لأرصاد الضوء المرئي أصبح التكوين التفصيلي للمجرة معروفاً إلى حد كبير، فمجرتنا وهي المسماه بدرب التبانة عبارة عن قرص رفيع من المادة الموزعة على منطقة ذات قطر حوالي ٣٠ ألف بارسك ٠ وسمك القرص حوالي ٣٠٠ بارسك وهذا القرص موجود داخل هالة كبيرة من المادة اللامعة أو غير المرئية والتي تمتد إلي مسافة حوال ٥٠ ألف بارسك من مركز المجرة ٠

وتدور الشمس على بعد ٨٥٠٠ بارسك من المركز ، وتشبه مجرتنا في شكلها مجرة المرأة المسلسلة M31 والتي تبعد عنا ٧٠٠ ألف بارسك مع بعض الفروق البسيطة بينهما فمجرتنا تحتوي على عدد أكبر من النجوم حديثة التكوين بينما تحتوي المرأة المسلسلة على عدد أكثر من الحشود الكرية كما أنها أكثر لمعانا وقرصها أكبر من قرص مجرتنا ٠

الحشود الكرية داخل المجرة :

إن معظم الحشود الكرية Globular clusters تحتوي على نجوم متغيرة من نوع السلياقRR Lyrea والتي نعرف قدرها المطلق ولذلك يمكن استخدامها كوسيلة جيدة في حساب أبعاد هذه الحشود ، ولم يعرف الشكل الحقيقي لمجرتنا إلا في أوائل القرن العشرين ، وشمسنا لاتوجد في مركز المجرة بل على أحد أطرافها، و الحشود الكرية موزعة في دائرة كبيرة مركزها هو مركز المجرة وتسمى هالة المجرة ، وبالطبع أبعاد الهالة أكبر من أبعاد المجرة ذاتها ٠ وبعض نجوم السلياق



شكل (١٢-٤) نموذج لمجرتنا : أ ـ منظر جانبي للمجرة
ب ـ منظر رأسي ويظهر فيه الشكل الحلزوني لأذرع المجرة

RR المتفرقة موجودة على أبعاد تبلغ ١٠ – ١٥ ألف بارسك من جهتي مستوى المجرة مما يعني أن سمك الهالة يصل إلى ٣٠ ألف بارسك ، ولقد رصدت حشود كرية على بعد ٨٠ ألف بارسك فإذا تم التأكد أنها تابعة لجاذبية مجرتنا فهذا يعني أن الهالة أكبر مما نقدره الآن . كما لوحظ وجود غازات ساخنة درجة حرارتها مليون درجة مطلقة مما يوحي بأنها صادرة من سوبرنوفا أو رياح نجمية ، وهذه الغازات تكون مايعرف بكورونا المجرة ، وبشكل عام يحتوي قرص المجرة بالإضافة إلى النجوم على مايعرف بمادة مابين النجوم وتتكون هذه المادة من الهيدروجين والهيليوم بنسبة ٩٦–٩٩٪ وكمية قليلة من العناصر الأخرى ، وفي الغالب تكون درجة حرارة هذا الغاز في حدود ٣٠ درجة مطلقة أو أقل ، وغالباً مايتجمع الغاز في سحب وهي التي تعرف بالسحب بين النجمية ، وقد تكون سحباً خفيفة أو كثيفة حسب برودتها وتجمع مادتها ، وتكون السحب الكثيفة منها شديدة البرودة ، وتتفاعل الذرات داخلها كيميائيا وتكون جزيئات مثل Co , H2 إلى غير ذلك من الجزيئات التي رصدت داخل السحب الجزيئية ، ويوجد بالإضافة إلى الغازات حبيبات من الأتربة ولها دور مهم في كيمياء السحب بين النجمية حيث إنها العامل المساعد في تكوين جزيئات الهيدروجين .

وتمتد حول الشمس طبقة من الهيدروجين سمكها ١٢٥ بارسك فقط ، ولكن في المنطقة من ٨٥٠٠ – ٣٠٠٠ بارسك توجـــد سحب بين نجميه عملاقة وهي التي تتكون داخلها النجوم الحديثة، كما



شكل (١٢–٥) مجرة حلزونية من النوع Sb وتسمى NGC 2841

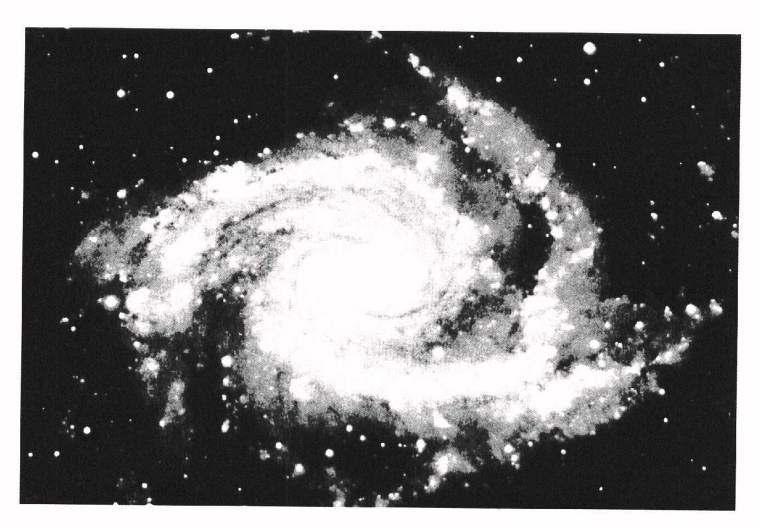
لوحظ وجود هيدروجين جزيئي في مركز المجرة ولكن توجد السحب الكثيفة فقط على الأذرع ، ولذلك لا نشاهد النجوم حديثة الولادة إلا على أذرع المجرة ، وهذا يفسر اللمعان الشديد لأذرع المجرة ٠

الشكل الحلزوني للمجرة:

تحتوي مجرتنا على أربعة أذرع حلزونية الشكل spiral arms بها بعض النتوءات ، وتظهر الشمس بالقرب من الحافة الداخلية على ذراع قصير يسمى ذراع الجبار Orion وطوله ٥ آلاف بارسك وهو يحتوي على بعض السدم مثل سديم أمريكا الشمالية وزكيبة الفحم Coalsack وسديم الدجاجة وسديم الجبار ، كما يوجد به سديما فرساوس و القوس وهما موجودان بالترتيب على بعدي ألفي بارسك داخل وخارج الشمس بالنسبة لمركز المجرة ، ويبلغ طول معظم الأذرع ٢٥ ألف بارسك ولكن تصعب رؤية الذراع الرابع والذي لم يسم بعد كما أنه لم يعرف طوله ٠

لاتتحرك مادة المجرة في المنطقة التي تقع فيها الشمس كجسم صلب حول مركز المجرة . فالنجوم ذات المدار البعيد تختلف في حركتها وسرعتها عن النجوم ذات المدارات الداخلية ، مما يعني أن هناك تباينا واختلافا في حركة النجوم والمادة بشكل عام داخل المجرة ، ونبين ذلك فيما يلي:

١ - تتحرك النجوم في الجزء الداخلي كما لو كان هذا الجـزء جسما صـلبا.



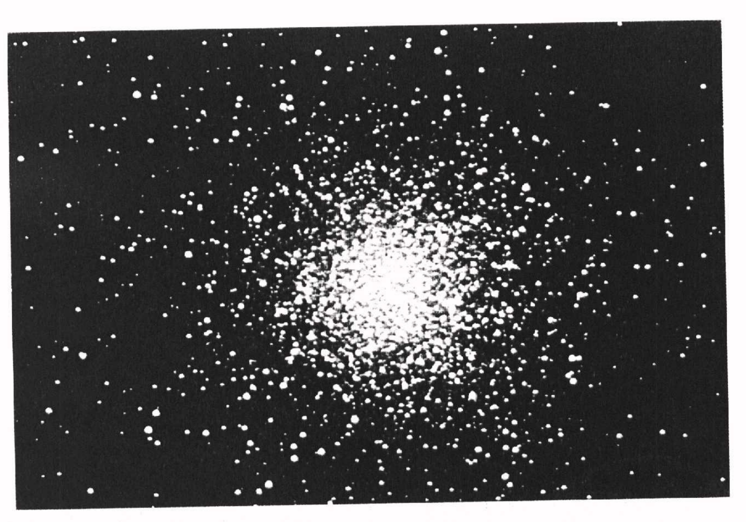
شكل (١٢-٦) المجرة الحلزونية NGC 2997 وهي تشبه مجرتنا

٢ - تتحرك النجوم في الجزء الخارجي من المجرة تبعا لقانون كبلر ، ولهذا تقل السرعة المدارية لهذه النجوم كلما ابتعد النجم عن مركز المجرة .

٣ - الحركة في منطقة الوسط تتحول من حركة الجسم الصلب إلى الحركة المدارية ،

وتوجد الشمس في تلك المنطقة الوسطى ، وتبلغ سرعة الشمس ٢٥٠كم / ث ، وهذا يعني أن الشمس تحتاج لحوالي ٢٥٠ مليون سنة كي تتم دورة كاملة حول مركز المجرة و لايعني هذا أن مدارات النجوم حول مركز المجرة دائرية ، فالنجوم في حركتها تتأثر بمركز المجرة وكذلك بما يحيط بها ، مما يرجح الاعتقاد بأنها تتحرك في مدارات اهليجية ومعالم حركة النجوم تتعقد إذا أخذنا في اعتبارنا أن المجرة بها نجوم منفردة وأخرى مزدوجة هذا بالاضافة الى انتظام النجوم في تجمعات بالإضافة إلى السحب الغازية.

نستطيع أن نفهم وجود الأذرع على أنها ناشئة عن الحركة الدورانية للسحابة التي تكونت منها المجرة حول محورها ، ولكن ليس من السهل أن نفسر لماذا لم تلتو الأذرع أكثر مما هي عليه الآن، وتحتاج الشمس لحوالي ٢٠٠ مليون سنة لتكمل دورة كاملة حول مركز المجرة وهذا يعني أن الشمس قد دارت منذ نشأتها على الأقل ٥٠ مرة حول مركز المجرة . ولذلك نتوقع أنه مع استمرار دوران المجرة حول مركزها ستتلوى أذرعها أكثر نحو الداخل وتزداد في الالتفاف حول النواة . وتوجد نظرية لتفسير نشأة المجرات الحلزونية وتطور أشكالها وهي نظرية موجات الكثافة



شكل (١٢-٧) الحشد الكري والمعروف بـ(M13) الحشود الكرية غنية بالنجوم وتأخذ شكلاً كرياً منتظماً، ونجومها قديمة ، توجد الحشود الكرية في هالة المجرة وفي نواتها

الحلـزونية spiral density wave و تتلخص هذه النظرية ببساطة في أن هناك موجة كبيرة تتحكم في شكل وتوزيع الكتلة داخل المجرة وهذه الموجة لها الشكل العام الذي نراه في المجرة وهذا يعني أن الأذرع مناطق ازدياد في قوة الموجة أو مناطق ضغط عال ولذلك تتجمع السحب بين نجمية في الأذرع وتكون في حالة انضغاط مما يؤدي إلى انكماشها لتتكون داخلها النجوم ، ومما يؤيد ذلك أن النجوم حديثة الولادة كلها موجوده على الأذرع وفي مناطق السحب بين نجمية وهذا بدوره يفسر لمعان الأذرع بدرجة عالية .

تتحرك النجوم القريبة من الشمس بسرعة نسبية لاتزيد عن ٤٠- ٥٠ كم/ ث وتسمى النجوم صغيرة السرعة ، وتوجد نجوم ذات سرعة نسبية عالية حوالي ٨٠ كم/ ث ، وهي نجوم تتحرك في مدارات أكثر إهليجية بحيث تقطع مداراتها مدار الشمس حول مركز المجرة ، والحشود الكرية والنجوم الموجودة في هالة المجرة لها مدارات تختلف عن مدارات الشمس ، وهي ذات سرعات عالية وتدل الأرصاد على أن النجوم البطيئة تكون مركبة سرعتها العمودية على مستوى المجرة أيضا صغيرة بينما النجوم السريعة تكون مركبة سرعتها العمودية على مستوى المجرة كبيرة ، ولذلك فالنجوم البطيئة مركزة في مستوى قرص المجرة والنجوم السريعة تبعد إلى اتجاه هالة المجرة ، ومايعتقده العلماء أن الحشود الكرية تدور حول نواة المجرة في مدارات شديدة الاستطالة مثل مسارات المذنبات داخل المجموعة الشمسية ، ولذلك فإن الحشود الكرية تقطع مستوى المجرة مرتين أثناء حركتها في مسارها ، ولكن رغم ذلك فإن المسافات الكبيرة بين النجوم تجعل عملية اصطدام النجوم ببعضها أمراً مستحيلاً ، وهذا يذكرنا بقول الله عز وجل " فلاأقسم بمواقع النجوم وإنه لقسم لوتعلمون عظيم"، فالمواقع التي تأخذها النجوم وهي تتحرك في الكون إذا أخذت بأبعادها المختلفة تدل على آية كونية عظيمة فالنجوم تتحرك غالبا في شكل أزواج كما بينا سابقاً حينما تكلمنا عن النجوم المزدوجة بحيث يتحرك النجمان حول مركز لهما ، وتتجمع النجوم في حشود ذات أنواع مختلفة كما سنرى بعد قليل في الفصل التالي، وتدور الحشود داخل المجرة كما وصفنا منذ قليل وإذا أعدنا إلى ذاكرتنا ما علمناه سابقا من أن المجرة تحتوي على سحب من الغازات والأتربة ، ولاشك أن هذه السحب تؤثر على حركة النجوم القريبة منها أو الموجودة داخلها وبسبب ازدحام المجرة بالنجوم وخاصة في منطقة المركز كما سنعرف بعد قليل ، ففي هذه الحالة يصعب علينا أن نتعرف على الطريق الذي يسلكه أي نجم في حركته والموقع الذي ستكون فيه الشمس أثناء حركتها حول مركز المجرة، هذا بالإضافة إلى حركة المجرات داخل حشود المجرات بل وحركة حشود المجرات ذاتها !! كون هائل وموقع كل نجم في هذا الكون العميق يعتبر شيء معجز يصعب علينا أن ندرك أبعاده بالكامل ولكن بلاشك أصبحنا أكثر فهما من ذي قبل لمثل هذه الآيات الكونية العظيمة

النجوم القديمة والنجوم الحديثة:

يرتبط ما لاحظناه من تغير في سرعة النجوم إلى حد ما بتركيبة هذه النجوم وعمرها ، ويمكن

تقسيم النجوم إلى جمهرتين: نجوم الجمهرة الأولى I مثل الشمس والنجوم التي على الأذرع وفي القرص وهي نجوم حديثة التكوين ولذلك فنسبة العناصر الثقيلة فيها عالية نسبيا تبلغ ١ - ٤٪ بينما تقع الجمهرة الثانية II من النجوم في هالة المجرة ونواتها حيث توجد الحشود الكرية وتحتوي تلك الجمهرة من النجوم على نسبة صغيرة جداً من العناصر الثقيلة من ١ر. - ٠١ر٪ والسبب في ذلك أن نسبة العناصر الثقيلة تزداد مع دورة حياة النجوم المستمرة فالنجوم التي تكونت منذ زمن بعيد قد تكونت من سحب تحتوي على نسبة صغيرة من العناصر الثقيلة ولكن هذه النجوم تلفظ كمية أكبر من العناصر الثقيلة في نهايـــة حياتها. النجوم في نواة المجرة كلها من النجوم القديمة وعمرها يتراوح مابين ١١- ١٤ بليون سنة وأحدثهم عمراً لايقل في عمره عن ٥ بليون سنة ولكن لوحظ أن نسبة العناصر الثقيلة فيها ضعف النسبة الموجودة في الشمس وبالطبع ذلك يخالف الفهم الذي شرحناه سابقاً عن جمهرتي النجوم ولكن التفسير الذي وصفه الفلكيون لذلك هو احتمال التكون السريع لنواة المجرة بعد تكون جسم المجرة وقد وجدت صورة معاكسة تماماً في سحابة ماجيللان الصغيرة فنجومها حديثة التكوين توجد بها كمية قليلة من العناصر الثقيلة . ولذلك ليس من اللازم أن تحتوي النجوم حديثة الولادة على نسبة عناصر ثقيلة مثل الجمهرة الأولى فإن هذا يعتمد على المكان الذي يولد فيه النجم وتاريخ المادة التي نشأ منها .

كتلة المجرة :

يمكننا حساب كتلة المجرة عن طريق حركة الشمس حول مركز المجرة فهي تدور حول مركز المجرة في زمن مقداره ٢٠٠ مليون سنة أي بسرعة ٢٥٠ كم/ث وحيث إن الشمس تبعد عن مركز المجرة بمسافة س = ٧١ر١ × بليون وحدة فلكية ، وباستخدام قوانين الحركة لكبلر يمكن حساب كتلة المجرة بالعلاقة التالية :

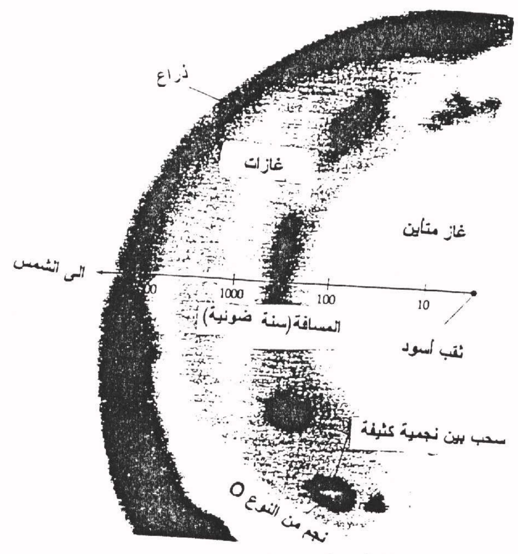
$$\text{كتلة المجرة} = \frac{\text{س}^{٣}}{\text{ب}^{٢}} = \frac{(١ر٧ \times ١٠^{٩})^{٣}}{(٢ \times ١٠^{٨})^{٢}} = ١٠^{١١} \text{ كتلة شمسية}$$

حيث ب عبارة عن الزمن الذي تأخذه الشمس حتى تتم دورة كاملة حول مركز المجرة ، وتعتبر قيمة كتلة المجرة المحسوبة بالمعادلة السابقة مقبوله إلي حد كبير حيث إن نسبة النجوم التي تبعد عن مركز المجرة أكثر من الشمس تعتبر قليلة ، ولكن الفلكيين لاحظوا أنهم بقياس الكتلة من خلال حركة حشد كري يبعد ٥٠ ألف بارسك عن مركز المجرة نحصل على قيمة للكتلة مقدارها $١٠^{١٢}$ كتلة شمسية أي ١٠ أمثال الكتلة التي حصلنا عليها من خلال حركة الشمس المدارية ، ولذلك يعتقد الفلكيون أن هناك جزءا من المادة غير مرئي !! ولكن ما هذه المادة ومانوعها ؟ بالطبع لايمكن أن تكون هذه المادة نجوماً عادية أو سحباً من الغاز ، وأحد الاحتمالات هو أن تكون أقزاما بنية أو سوداء أو ثقوب

سوداء ذات كتل عالية ، وهناك احتمال اخر وهي أن تكون هناك في الكون أجزاء ذرية تأخذ شكلاً لانعرفه على الأرض ، وخصوصاً أن هناك ٩٠٪ من مادة الغازات في مجرتنا غير واضحة ولانعرف تركيبها وتكوينها ٠

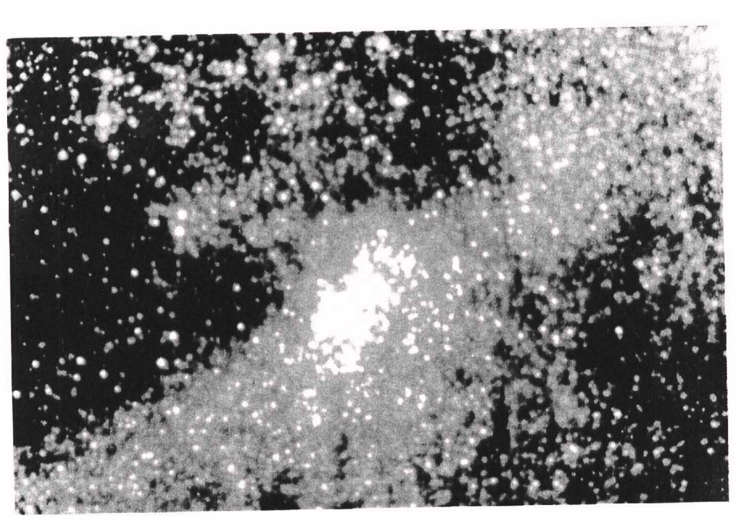
نـواة المجـرة:

يقع مركز المجرة في اتجاه برج القوس ، ولايمكن أن نرى نواة المجرة في الضوء المرئي أو الأشعة فوق البنفسجية لأن النواة محاطة بأتربة تحجب رؤية ما بـداخلها ، فالضوء الذي يصدر عن نواة المجرة يحجب بمقدار ١٠^١٢ من لمعانه، ويمكن للأشعة السينية وأشعة جاما أن تنفذ بصعوبة من طبقات مادة مابين النجوم المحيطة بالنواة وكذلك تصلنا كل من الأشعة تحت الحمراء والأشعة الراديوية واللتان تصدران من نواة المجرة، وبأفضل كفاءات الرصد التي نمتلكها تبين لعلماء الفلك أنه يوجد في مركز المجرة حشد من النجوم قطره أكثر من ٣٠٠ بارسك ، وكثافة النجوم حوالي ٣٠ مليون ضعف كثافة النجوم بالقرب من الشمس ، ومعظم هذه النجوم باردة من العمالقة الحمراء من النوعين الطيفيين M, K بدرجة حرارة على السطح في حدود ٤ آلاف درجة مطلقة ، ولايوجد أي دليل على وجود نجوم حديثة الولادة في مركز المجرة ، وتحيط بالنواة حلقة من سحب الغاز التي تحتوي على أتربة وجزيئات من الغاز ، وتدور حلقة السحب حول مركز المجرة وقد لوحظ أن الأتربة



شكل (١٢-٨) نموذج للمنطقة المركزية لمجرتنا

تكون ساخنة مما يوحي بأنه يوجد في مركز المجرة مصدر للطاقة يمد الأتربة Interstellar dust بالحرارة بشكل مستمر ، ومن حساب الطاقة اللازمة لتسخين الأتربة وجد أن لمعان هذا المصدر لابد وأن يكون ١٠- ٣٠ مليون مرة قدر لمعان الشمس ومن خلال الحركة الضعيفة لمادة الحلقة تبين أن الكتلة الموجودة في مركز المجرة ينبغي أن تزيد عن ١ مليون كتلة شمسية ، و تشير قياسات الأرصاد أن كثافة مادة الحلقات تزيد ١٠ - ١٠٠ مرة عن الكثافة المركزية !! فهل هذا يعني أن المركز فارغ من النجوم وفيه مثلاً ثقب أسود ؟ ومايحـــدث داخل مركز المجرة شيء محير حقاً لانعرف عنه شيئاً ويحيطه الغموض ، وبالقرب من الغازات الساخنة توجد نجوم أغلبها عملاقة من النوعين M, K ، وهناك احتمالان يمكن أن نفسر بهما مركز المجرة ، الاحتمال الأول هو تكون عدد كبير من النجوم في نفس الوقت في مركز المجرة منذ ملايين السنين وهذه النجوم كبيرة الكتلة (١٠ كتلة شمسية) ودرجة حرارتها تبلغ ٣٥ ألف درجة مطلقة ، وقد تطورت هذه النجوم لتصبح عمالقة حمراء كبيرة أو حتى نجوم نيوترونية أو ثقوب سوداء ، والاحتمال الآخر أنه يكون في مركز المجرة ثقب أسود وبالطبع تزيد كتلة هذا الثقب الأسود عن المليون كتلة شمسية ، ووجود الثقب الأسود يفسر درجة الحرارة العالية لمادة الحلقات حيث إنها تنضغط في مساحة صغيرة جداً بفعل انجذابها نحو الثقب الأسود وبالتالي ترتفع حرارتها إلي حد كبير جداً .



شكل (١٢-٩) صورة بالأشعة تحت الحمراء لمنطقة مركزية (٥٠ بارسك) في مجرة درب التبانة. الجزء اللامع في وسط الصورة هو نواة المجرة والتي يعتقد البعض أن بداخلها ثقب أسود وفي الضوء المرئي لا يظهر أي شيء من مركز المجرة حيث تغطيه سحب كثيفة من الغبار.

ولكن كيف تكون هذا الثقب الأسود الضخم داخل مركز المجرة ؟ سؤال محير والإجابة عنه تنتظر أرصاداً أدق وحسابات أعمق تبحث عن حل واضح لهذا الغموض ولذلك السر العجيب وصدق الله حيث يقول: «سنريهم اياتنا في الآفاق وفي أنفسهم حتى يتبين لهم أنه الحق» صدق الله العظيم.

الفصل الثـــانــي

حشـود النجـوم Star Clusters

تتجمع النجوم في حشود ، وتوجد الحشود داخل نظم أكبر تعرف بالمجرات ، فإذا عرفنا أن الشمس لها نصف قطر حوالي ١٠٩ مثل نصف قطر الأرض فإن نصف قطر الحشد يتراوح ما بين $٤ر٤ \times ١٠^{٨}$ إلي ٨.٠٨×١٠^{٩} نصف قطر شمسي وبهذا يتضح لنا مدي ضخامة هذه التجمعات النجومية ٠ أما المجرات فإن نصف قطرها ٣ - ٧٨١ مرة مثل قطر الحشد النجمي ٠ ولنبدأ بالحشود وبعدها نتكلم عن المجرات. وتوجد ثلاثة أنواع من حشود النجوم Star clusters وهي :

١ - حشود كرية

٢ - حشود مفتوحة

٣ - حشود ائتلافية

وفيما يلي تعريف بأنواع الحشود :

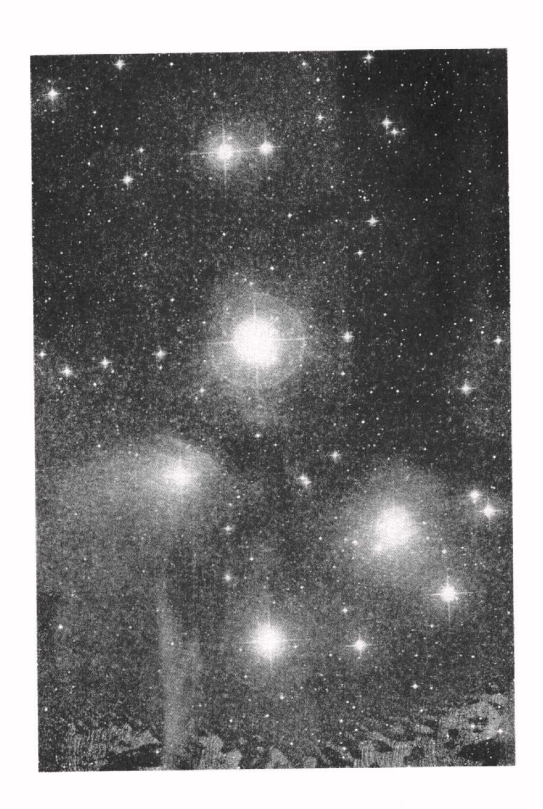
١ - الحشود الكرية (Globular clusters)

الحشود الكرية عبارة عن تجمع من النجوم له شكل كروي بحيث تزداد الكثافة العددية للنجوم كلما اتجهنا نحو مركز الحشد ، مما يجعل عملية تفريق النجوم في مركز الحشد غاية في الصعوبة ، وقليل من هذه الحشود يظهر في شكل مفلطح. تحتوي الحشود الكرية على النجوم من النوع السلياق R R ، وبعض الحشود بها نجوم من النوعين: النجوم القيفاوية ونجوم Rvالثور . وسرعات الحشود الكرية حول مركز المجرة عالية كما أنها تحتوي على نسبة ٠.٠١ - ٠.١ فقط من العناصر الثقيلة ، مما يعني أن نجومها قديمة وحيث أنها تحتوي على كثافة عالية من النجوم لذلك فهي مستقرة ومتماسكة . يبلغ عدد النجوم ما بين ألف ومئة نجم في البارسك المكعب في مركز الحشد ولكن هذا لا يعني أنه لا توجد فراغات فلو تصورنا أن الأرض تدور حول أحد نجوم المركز لحشد كري فإن النجوم المجاورة ستظهر كنقط مضيئة في السماء ولكن بشكل عام فإن مجرتنا سيصبح تمييزها أمرا صعبا وستكون السماء المظلمة كسمائنا وهي مضاءة بضوء القمر.

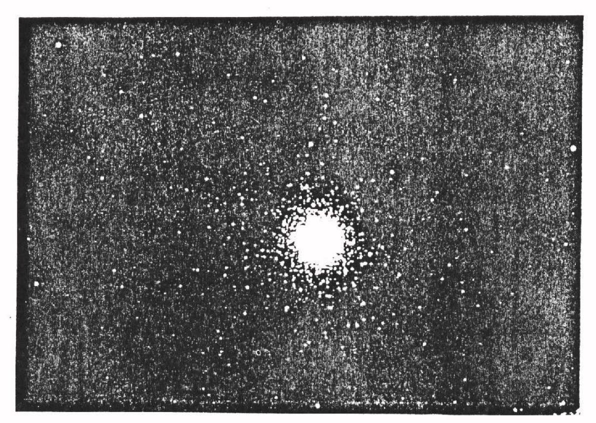
وتدور الحشود الكرية حول مركز المجرة في مدارات شديدة الاستطالة كمدارات المذنبات حول الشمس ، وفي المتوسط فإن الحشد يدور حول نواة المجرة في فترة تبلغ ١٠٠ مليون سنة .

٢ - الحشود المفتوحة (Open Clusters) ٠

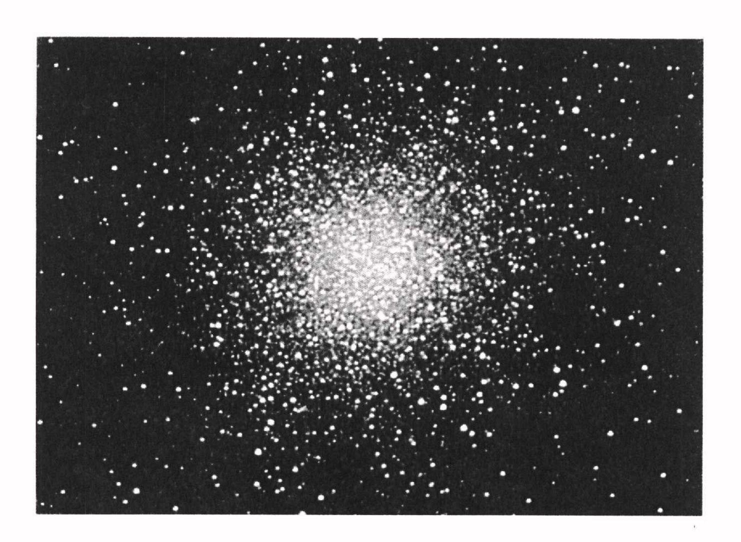
كثافة النجوم أقل بكثير مما هو في الحشود الكرية بحيث يمكن تمييز النجوم عن بعضها ، وتوجد هذه الحشود في قرص المجرة ولذلك تسمى أحيانا بالحشود المجرية galactic clusters



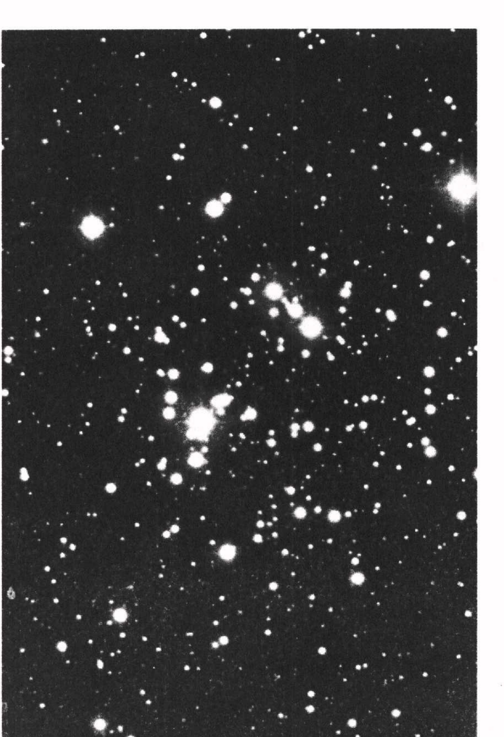
شكل (١٢-١٠) حشد الثريا وهو حشد مفتوح وهو يحتوي على مئات النجوم ويقع على بعد ١٢٠ بارسك من الشمس . توجد سحابة ضخمة تلف الحشد وتخفي الكثير من نجومه بحيث يبدو لنا كمجموعة صغيرة من النجوم.



شكل (١٢-١١) الحشد الكري ٤٧ توكان وهو أقرب الحشود الكرية إلينا



شكل (١٢-١٢) الحشد الكري أوميجا Omega Centaurus


شكل (١٢-١٣) حشد نجمي مفتوح

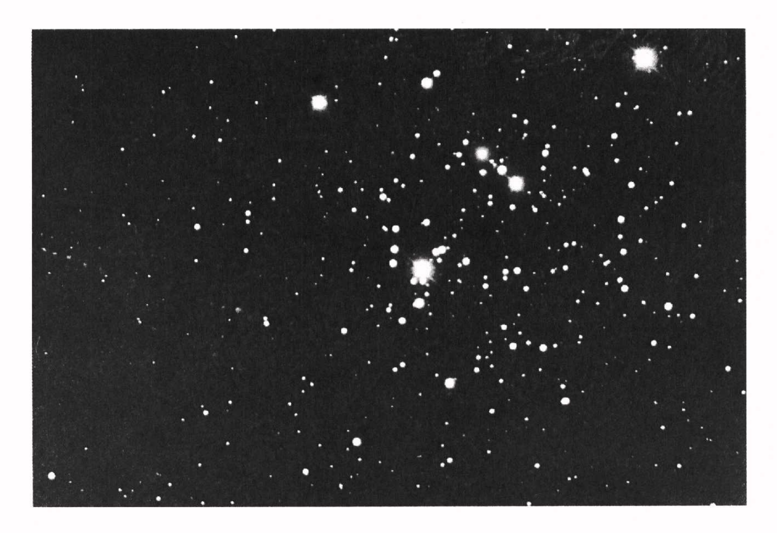
وسرعتها صغيرة ، ومن المعتقد أنها نشأت داخل أذرع المجرة ، ونجومها من الجمهرة الأولى Population I ، وتحتوي الحشود المفتوحة على نسبة ١-٤٪ من العناصر الثقيلة ، ونتيجة لأنها لا تحتوي على كثافة عالية من النجوم كما هي الحال في الحشود الكرية لذلك فإن النجوم في مركزها مستقرة ، أما النجوم التي على أطراف الحشد فإنها من السهل أن تهرب بعيدا عن الحشد حيث إن جاذبية المركز لها تعتبر ضعيفة.

تظهر نجوم الحشود المفتوحة متباعدة ولذلك أمكن دراستها بشئ من التفصيل أكثر من نجوم المركز في الحشود الكرية . غالبا ما تكون الحشود المفتوحة مصاحبة للسحب بين النجمية لأنها موجودة في قرص المجرة ، ولقد تم رصد أكثر من ألف حشد مفتوح في مجرتنا وحدها ولكن مازال العديد من الحشود المفتوحة غير مرصود بسبب السحب الكثيفة ، ومن أشهر الحشود المفتوحة حشد الثريا Pleiades وتعتبر الحشود المفتوحة أصغر حجما وكثافة من الحشود الكرية .

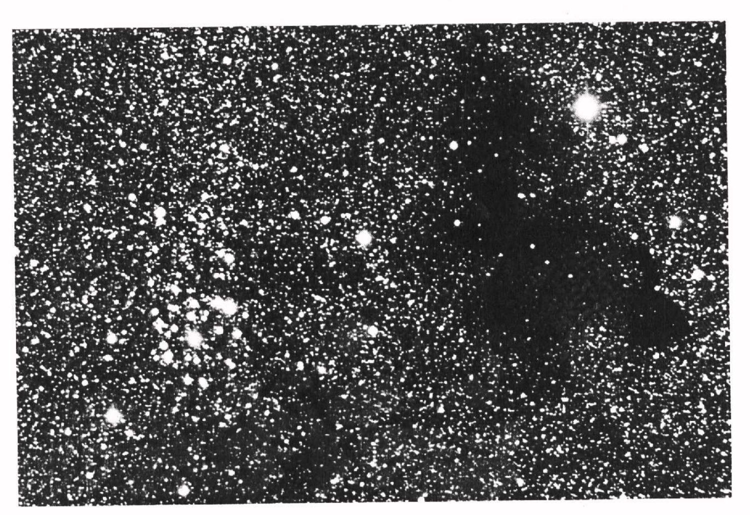
٣- الحشود الائتلافية (Associations)

من المعلوم أن النجوم الساخنة O,B ليست موزعة في السماء وإنما تتجمع في حشود ائتلافية ويرمز لها بالرمز O وهي تقع على أذرع المجرة .

ويمكن تقسيم الحشود الائتلافية إلى نوعين : الأول يحتوي على نجوم من النوعين O, B ويعرف ب O- association ، والنوع الثاني يحتوي على نجوم حديثة التكوين ت الثور T Tauri، ويعرف ب T- association ، وهذا يؤكد أنه يتكون داخل السحب بين نجمية عدد من



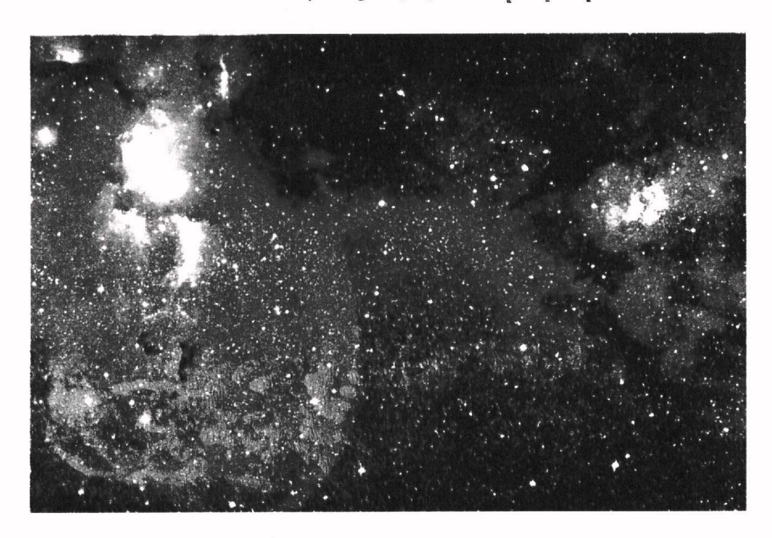
شكل (١٢-١٤) أحد الحشود المفتوحة



شكل (١٢-١٥) سحابة برنارد ٨٦ والتي تظهر بلون داكن، إنها تخفي النجوم التي تقع خلفها. ويقع بالقرب منها حشد ائتلافي يحوي عدد قليل من النجوم الحديثة. كما يقع في الخلفية حشد كري غني بالنجوم.

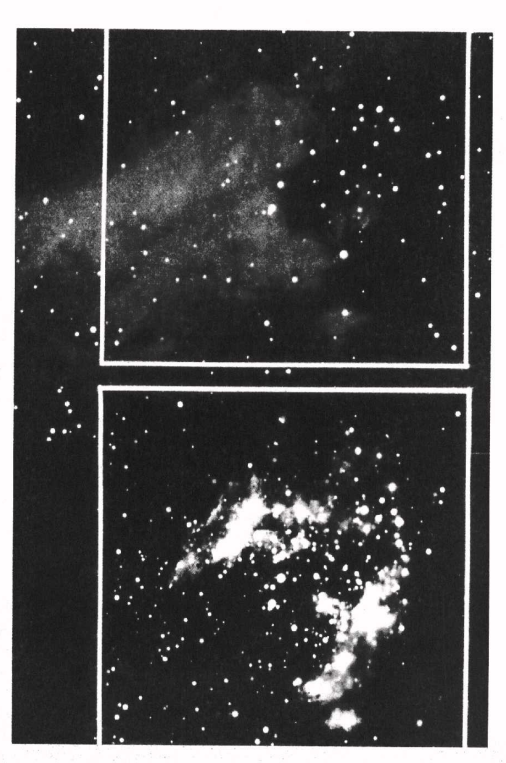


شكل (١٢-١٦) الحشد الائتلافي NGC 2264 والذي يبعد عنا ٨٠٠ بارسك . وهذه المنطقة التي تحتوي على نجوم حديثة يوجد بها غاز الهيدروجين المتأين بفعل حرارة النجوم الحديثة كما توجد طبقات كثيفة من الغبار بين النجمي والذي يعطي لوناً داكناً لبعض مناطق السحابة.



شكل (١٢-١٧) إثنان من السحب بين النجمية NGC 3576, NGC 3603
وبداخلهما حشود نجمية تحتوي على نجوم ساخنة

النجوم في الوقت نفسه وتحت الظروف نفسها مكونة الحشد الائتلافي ، وتتباعد نجوم الحشود الائتلافية عن بعضها بحيث تتمدد المجموعة ككل ، ولذلك فإنها تبدو غير مستقرة إطلاقا، مما يعني أن نجومها تهرب منها لتذهب إلي غيرها من الحشود المستقرة ، وبالتالي بعد عدة ملايين السنين ينتهي وجود الحشد لهروب نجومه منه ولذلك فإن مانرصده من حشود ائتلافية مازالت في مهدها ونجومها حديثة في التكوين بل يعتقد الفلكيون أن نجوم الحشد الائتلافي مازالت في المرحلة الأخيرة من التكوين ولم تصل بعد إلى التتابع الرئيسي.



شكل (١٢-١٨) الصورتان لسحابة جزيئية تسمى M17 . الصورة العليا (في الضوء المرئي) والسفلي (في الأشعة تحت الحمراء) يتضح لنا أن هذه السحابة بداخلها حشد غني بالنجوم الحديثة التكوين.

الخواص العامة
للحشود بأنواعها المختلفة

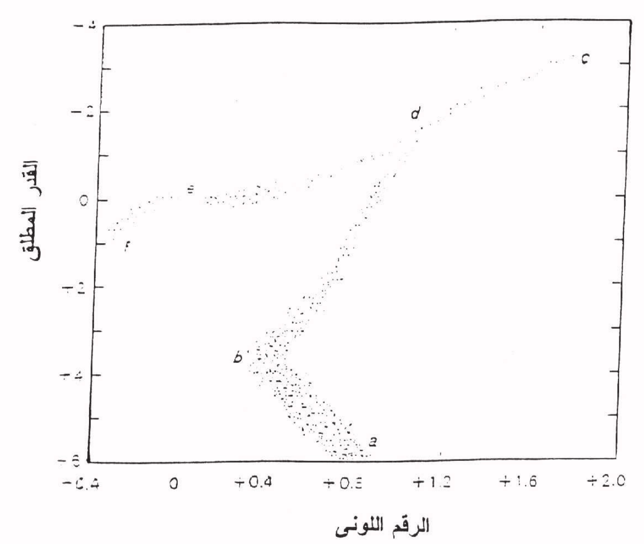
الحشود عبارة عن تجمعات من النجوم تكونت معا (في الوقت نفسه) ومن المادة نفسها . و الاختلاف في مقدار اللمعان في نجوم الحشد الواحد يدل على اختلاف حقيقي في مقدار إشعاع النجم لأن بعد الحشد عنا واحد ، وحيث إن نجوم الحشد الواحد لها العمر نفسه و المادة الإبتدائية نفسها فإن اختلاف مقدار الإشعاع ناشيء عن اختلاف الكتل وبالتالي اختلاف مسار التطور . يمكننا معرفة عمر الحشد من مكان أقدم نجومه على الشكل H - R ، كما لوحظ وجود مادة مابين النجوم في الحشد الائتلافي معبرة بذلك عن الجزء الباقي من مادة السحب التي انكمشت وكونت النجوم ، أما عن التركيب الكيميائي فإن النجوم تتكون من He, H بالإضافة إلى كمية قليلة جدا من العناصر الثقيلة ، وتختلف نسبة هذه العناصر الثقيلة حسب نوع الحشود ، كما هو مبين في جدول(١٢–١) ، والذي يبين مقارنة بين أنواع الحشود:

جدول(١٢ – ١) أنواع الحشود وصفاتها العامة

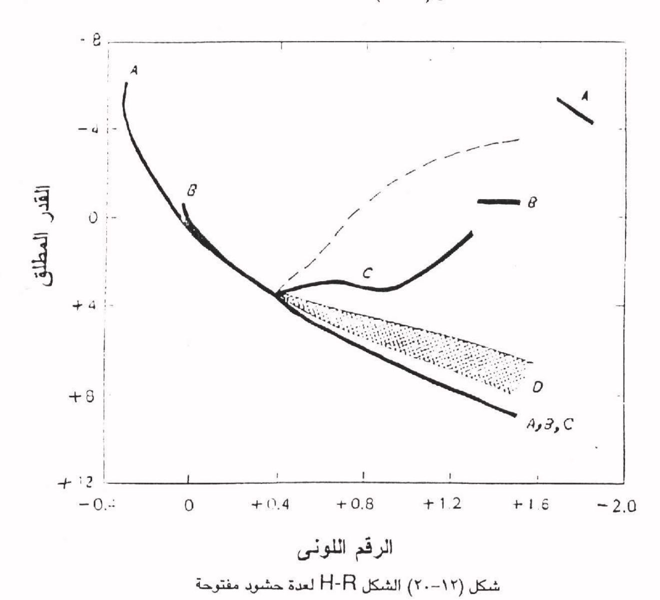
الخاصية	الحشود الكرية	الحشود المفتوحة	الحشود الإئتلافية
العدد داخل مجرتنا	١٢٥	١٠٥٥	٧٠
الموقع داخل المجرة	الهالة والنواة	القرص والأذرع	الأذرع
القطر (بارسك)	٢٠ - ١٠٠	أقل من ١٠	٣٠ - ٢٠٠
الكتلة (كتلة شمسية)	$١٠^{٤}$ - $١٠^{٥}$	١٠٠ - ١٠٠٠	١٠٠٠ - ١٠٠٠
عدد النجوم	$١٠^{٤}$ - $١٠^{٥}$	٥٠ - ١٠٠	١٠ - ١٠٠
لون المع نجم	أحمر	أحمر - أزرق	أزرق
القدر المطلق	- ٥ الى - ١٠	صفر الى ١٠٠	- ٦ الى - ١١
كثافة النجوم (لكل بارسك مكعب)	٥ ر - ١٠٠٠	١ر - ١٠	أقل من ١٠ر
مثال	الجاثي (M 13)	الثريا	الجبار

الشكل H- R للحشود الكرية والمفتوحة:

كل الحشود الكرية لها شكل H - R متشابه كما هو واضح في شكل(١٢–١٩) بحيث تمثل المسافة من a إلى b التتابع الرئيسي ، من b إلى c عبارة عن عمـلاق أصفر وأحمر . من d



شكل (١٢-١٩) الشكل H-R للحشود الكرية



شكل (١٢-٢٠) الشكل H-R لعدة حشود مفتوحة

إلـى f تمثـل الفـرع الأفـقي في تطور النجـوم ، وتوجـد فـجـوة في الفـرع الأفـقي عند M = o (النقطة e) ، والنجوم الموجودة في هذه الفجوة عبارة عن نجوم متغيره من نوع R R سلياق ، وتعتبر نجوم الحشود الكرية من الجمهرة الثانية population II .

أما الحشود المفتوحة فإن الشكل H- R لها يختلف من حشد لآخر ، وفي شكل (١٢- ٢٠) أمثلة لبعـض الحشـود المفتوحـة . والنجـوم في هـذه الحشـود تعتبـر من الجـمـهرة الأولى population I ، وأهم خواص الجمهرتين مبينة في جدول (١٢-٢)

جدول(١٢-٢) جمهرتا النجوم الحديثة والقديمة.

	الجمهرة الأولى	الجمهرة الثانية
مثال	الشمس	نجوم فى هالة المجرة
وقت التكوين	حديثة التكوين	قديمة التكوين
العناصر الثقيلة	١ - ٤٪	١ . ٠ - ١ .ر ٪

ومما سبق يمكننا أن نستنتج أن الحشود الائتلافية أحدث الحشود في العمر وتليها الحشود المفتوحة وأقدمها عمرا الحشود الكرية .

الفصل الثالث

المجرات Galaxies

بالنظر إلى الكون المترامي الأطراف نلاحظ أن هناك أعدادا هائلة من المجرات تختلف في شكلها وخواصها ، ولنبدأ بدراسة أنواع المجرات ثم نتعرف بعد ذلك على خواصها .

أنواع المجرات :

يمكن تقسيم المجرات إلى ثلاثة أنواع : حلزونية Spiral وإهليلجية Ellipticals وهما يمثلان النسبة الغالبة من المجرات ثم مجرات غير منتظمة Irregular galaxies . والحلزونية نوعان : إما حلزونية عادية أو حلزونية ذات قضيب barred spirals ، كما أن المجرات الحلزونية (سواء تلك التي لها أو التي ليس لها قضيب) تنقسم حسب شكلها إلى ثلاث فصائل a,b,c. أما المجرات الإهليلجية فتنقسم إلى سبع فصائل من E0 - E7 ، كما هو مبين في شكل (١٢-٢٢) وجدول(١٢-٣) يبين مقارنة بين أنواع المجرات الثلاث .

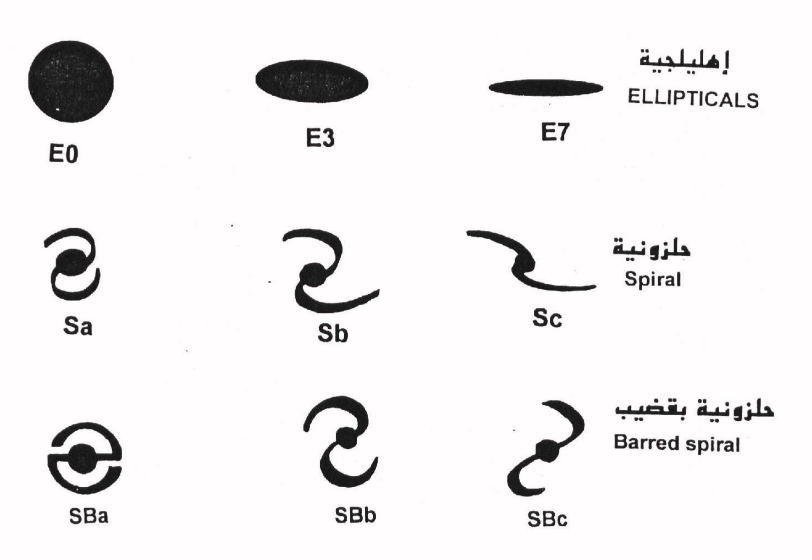
جدول(١٢-٣) أنواع المجرات

الخاصية	حلزونية	إهليلجية	غير منتظمة
الكتلة (كتلة شمسية)	$١٠^{٩} - ١٠^{١٢}$	$١٠^{٦} - ١٠^{١٣}$	$١٠^{٨} - ١٠^{١١}$
القطر (ألف سنة ضوئية)	٥ – ٥٠	١ – ٢٠٠	١ – ١٠
كمية الاشعاع(وحدة شمسية)	$١٠^{٨} - ١٠^{١٠}$	$١٠^{٦} - ١٠^{١١}$	$١٠^{٧} - ٢ \times ١٠^{٩}$
القدر المطلق	– ١٥ الى – ٢٣	– ٩ الى –٢٣	–١٣ الى – ٢٠
الأعمار	جميع الأعمار	قديـــم	جميع الأعمار
نوع الطيف	A- K	G- K	A - F
غازات	موجودة	قليلة جدا	كثيرة
أتربة	موجودة	لا توجد	قليلة / كثيرة

ونلاحظ من الجدول أن أصغر المجرات تكون من النوع الإهليلجي وتسمى الأقزام الإهليلجية ، ونلاحظ كذلك أن متوسط نسبة الكتلة إلى كمية الإشعاع أكبر مما في الشمس ، وهذا يعني أن نسبة النجوم الخافتة عن الشمس تعتبر كبيرة في المجرات ، وذلك دليل على أن النجوم القديمة أكثر من النجوم حديثة التكوين وكذلك فإن عدد النجوم الخافتة أكثر من النجوم اللامعة ، والمجرات الإهليلجية أكثر عتامة من المجرات الحلزونية وأكثر احمرارا بشكل عام ، وفيما يلي وصف تفصيلي لأنواع المجرات المختلفة .



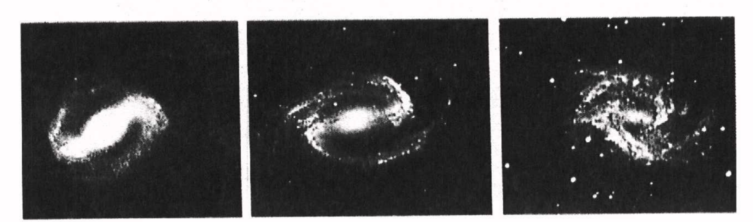
شكل (١٢-٢١) الجزء المركزي لحشد غني بالمجرات



شكل (١٢-٢٢) انواع المجرات المنتظمة : اهليجية وحلزونية بقضيب وبدون قضيب



شكل (١٢-٢٣) مجرات حلزونية مختلفة في مقدار التفلطح



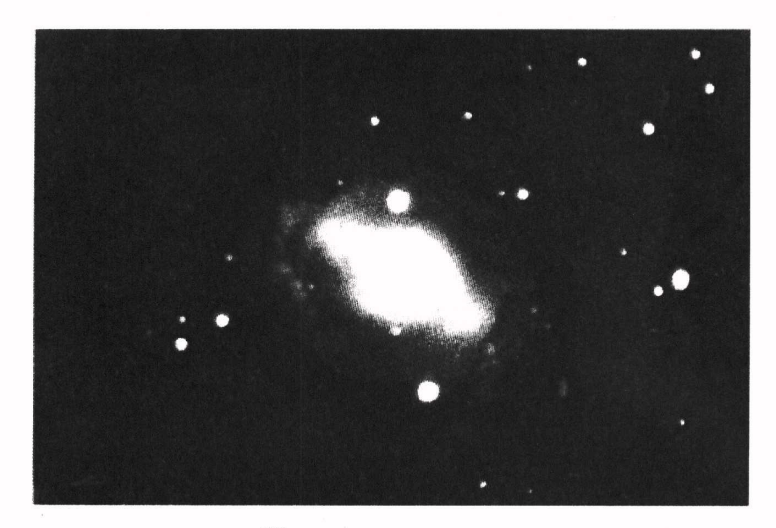
شكل (١٢-٢٤) مجرات حلزونية ذات قضيب Barred Spiral مختلفة في مقدار التفلطح



شكل (١٢-٢٥) مجرة إهليجية عملاقة وبالقرب منها مجرات أصغر



شكل (١٢-٢٦) المجرة الإهليجية IC 5152 وقد صورت بالقرب من أحد نجوم مجرتنا ولذلك يبدو النجم كبيراً في حجمه



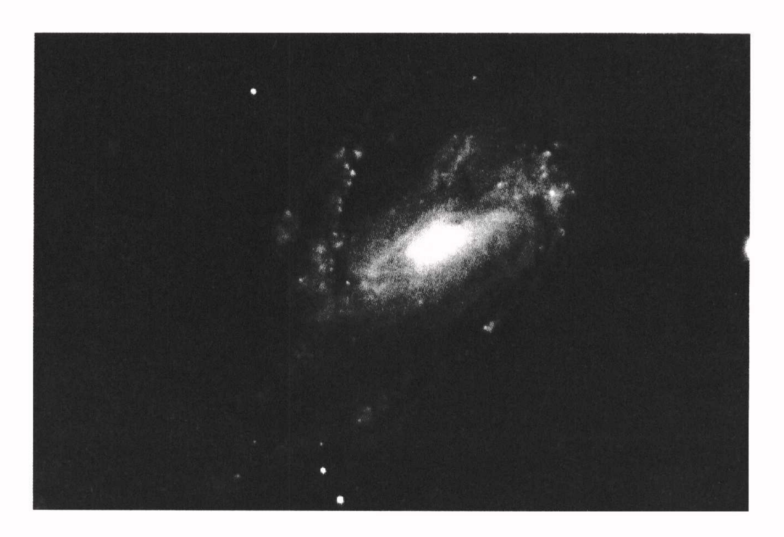
شكل (١٢-٢٧) مـجـرة حلزونيـة ذات قـضـيب من النوع SBa وتقع في كـوكـبـة قنطورس

المجرات الحلزونية Spiral galaxies:

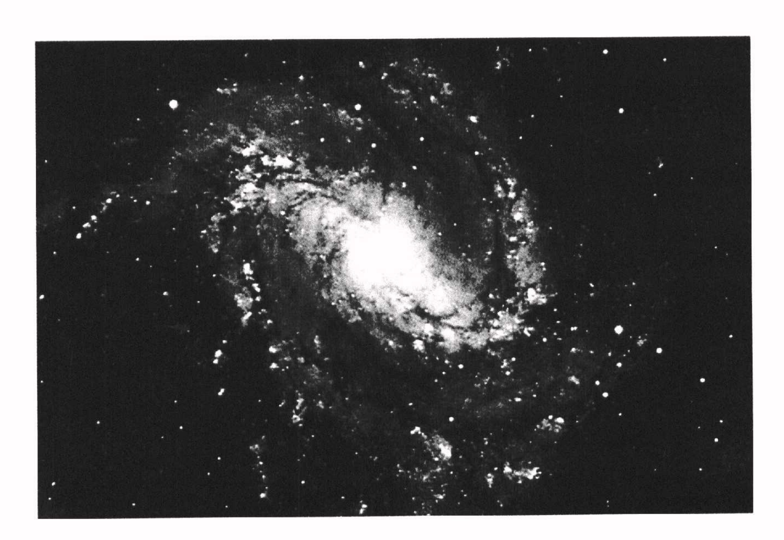
تنتمي مجرتنا وشبيهتها مجرة المرأة المسلسلة Andromeda galaxy (M31) إلى المجرات من النوع الحلزوني . ويتكون هذا النوع من المجرات من نواة يحيط بها قرص وهالة كبيرة ، وتخرج من النواة أذرع حلزونية (لولبية) ، كما تنتشر مادة مابين النجوم خلال قرص المجرة ، وتوجد أنواع مختلفة من سحب مابين النجوم منها ماهو قاتم يخفي ماهو خلفه من النجوم ومنها ماهو براق يعكس أضواء النجوم والنجوم حديثة الولادة توجد على الأذرع ، كما توجد عليه أيضاً النجوم العملاقة اللامعة ، وكذلك توجد الحشود المفتوحة على الأذرع أما الحشود الكرية فتوجد في الهالة . وتحتوي M31 على ٢٠٠ حشد كرى ، وبشكل عام تحتوي المجرات الحلزونية على نجوم قديمة وأخري حديثة التكوين . وقد لوحظ أن أكثر من ثلث المجرات الحلزونية لها قضيب يخرج من طرفي النواة وتبدأ الأذرع في نهاية القضيب ، وتسمى هذه الأنواع بالمجرات الحلزونية ذات القضيب ، والأذرع إما تكون شديدة الالتفاف حول النواة أو تكون مفتوحة بشكل كبير كما في شكلي (١٢-٢٣ و ١٢-٢٤) وتدور المجرات الحلزونية بحيث تجر الأذرع وتتراوح أقطار المجرات الحلزونية مابين ٢٠- ١٥٠ ألف سنة ضوئية وتتراوح كتلها بين ١- ١٠٠٠ بليون كتلة شمسية ، أما القدر المطلق فيتراوح مابين – ١٥ الى – ٥ر٢٢ ، وتعتبر مجرتنا ومجرة المراة المسلسلة من المجرات الحلزونية الكبيرة.



شكل (١٢-٢٨) مجرة من النوع الحلزوني



شكل (١٢-٢٩) المجرة M66 وهي حلزونية الشكل



شكل (١٢-٣٠) مجرة M83 وهي حلزونية الشكل

المجرات الإهليلجية Elliptical galaxies:

وهي إما دائرية أو إهليلجية الشكل ، و تحتوي على نجوم قديمة ولايوجد بها أي أثر لأذرع حلزونية ويغلب عليها النجوم الحمراء (الجمهرة الثانية) و لاتحتوي هذه المجرات إلا على نسبة ضئيلة من الأتربة والسحب بين نجمية ولكن هذا لايعني أن المجرات الإهليجية خالية تماماً من مادة مابين النجوم فحوالي ١- ٢٪ من مادتها عبارة عن غازات في درجة حرارة عالية تزيد عن المليون درجة مطلقة . والمجرات الإهليلجية تبدو بدرجات فلطحه مختلفة من E0 ذات الشكل الدائري الى E7 والتي تكون شديدة الفلطحة .

يصل لمعان المجرات الإهليلجية العملاقة إلى ١٠^١١ لمعان شمسي ، وكتلتها ١٠^١٢ كتلة شمسية وقطرها يبلغ عدة مئات آلاف السنين الضوئية ، وهي بالتأكيد أكبر من المجرات الحلزونية الكبيرة. ومن المدهش أنك ترى مجرات إهليلجية عملاقة كالتي ذكرناها آنفاً ، كما توجد مجرات إهليلجية قزمية صغيرة وهي الأكثر شيوعاً ، ويبلغ عدد نجومها حوالي عدة ملايين وقدرها المطلق (- ١٠) ولمعانها مليون مرة مثل الشمس مما يعني أنها تشبه في لمعانها أشد النجوم لمعاناً !! ويبلغ قطرها خمسة آلاف سنة ضوئية مما يعني أنها صغيرة حقاً بالمقارنة مع مجرتنا .



شكل (١٢-٣١) مجرة غير منتظمة الشكل ورقمها M22

المجرات غير المنتظمة Irregular galaxies:

تنتمي ٢٥٪ من المجرات إلى النوع غير المنتظم ، حيث لايظهر في هذه المجرات أي نوع من الانتظام ، و بعضها ممتلىء بنجوم في مرحلة التكوين مع وجود حشود نجمية براقة من الحشود الائتلافية بالإضافة إلى سحب من الغازات المتأينة كما يغلب على تلك المجرات وجود المناطق اللامعة وتوزيعها غير المنتظم. وبرصد المجرات غير المنتظمة في خطوط الطيف ٢١ سم تبدو قريبة الشبه بالمجرات الحلزونية وذلك لدوران قرصها كما أنها تحتوي على نجوم قديمة وأخري حديثة من الجمهرتين (II) , (I) ، وأفضل مثالين على المجرات غير المنتظمة المجرتان المسميتان سحابتا ماجلان الكبيرة والصغيرة وهما من المجرات القريبة منا ، ويمكن رصدهما من نصف الكرة الجنوبي حيث تبدوان كسحابتين خرجتا من درب التبانة وبعدهما عشر بعد مجرة المرأة المسلسلة . أما سحابة ماجلان الكبيرة فلها قضيب مثل المجرات الحلزونية ذات القضيب ولكن ليس لها أذرع ، وهي تحتوي على واحدة من ألمع تجمعات النجوم العملاقة الحمراء والتي تحتوي على ٣٠ نجما وقد حدثت سوبرنوفا ١٩٨٧ A داخل هذا التجمع . أما سحابة ماجلان الصغيرة فشديدة الاستطالة وأصغر في الكتلة من ماجلان الكبيرة ، ويمكن تقسيم المجرات غير المنتظمة إلى نوعين : الأول قريب الشبه بالمجرات المنتظمة ويرمز له بالنوع I أما النوع الثاني فشديد الشذوذ ويرمز له بالرمز II .



شكل (١٢-٣٢) ١. مجرة ماجلان الصغيرة وهي مجرة قزمية غير منتظمة، وتقع بالقرب من مجرتنا

أبعاد المجرات

واحدة من أصعب وأهم المشاكل التي تواجه الفلكيين هي قياس أبعاد المجرات، وذلك لأبعادها الشاسعة . ولتحديد الأبعاد داخل مجرتنا فإننا نلجأ لعدة خطوات متتالية كمايلي : -

١ - نحدد أبعاد النجوم القريبة منا من خلال حركتها proper motion أو من اختلال منظرها parallax .

٢ - نستطيع أن نحدد أبعاد حشود النجوم القريبة من خلال رصد نجوم داخـــل هذه الحشود تكون معلومة القدر المطلق . وبعد حساب بعد الحشد النجمي يمكننا حساب أبعاد النجوم الأخرى داخله .

٣ - وتستخدم الطرق التالية في تحديد أبعاد المجرات :

أ - النجوم القيفاوية : وهي تعطى نتائج دقيقة عن أبعاد المجرات ولذلك يهتم الفلكيون بالبحث عن هذه النجـوم داخل المجـــرات ومنهـا يمكن حـسـاب بعـد المجـرة ، ولقـد أمكن بهـذه الطريقـــة حساب ٣٠٪ من أبعاد المجرات القريبة .

ب - نجوم R R السلياق : حيث تعتبر هذه النجوم معلومة القدر ولذلك يمـــكن استخدامها مثل النجوم الفيفاوية لحساب أبعاد المجرات .



شكل (١٢-٣٢) ب - مجرة ماجلان الكبيرة وهي غير منتظمة ، وتقع بالقرب من مجرتنا

جـ - النجوم العمالقة الحمراء : ويمكن عن طريقها قياس أبعاد تصل إلى ٦ أمثال مايقاس بواسطة النجوم القيفاوية ٠

د- السدم الكوكبية : وذلك من خلال قياس اللمعان لسديم كوكبي داخل المجرة وتستخدم هذه الطريقة داخل المجـــرات الحلزونية والإهليلجية لأبعـاد تصل إلى ١٥ - ٢٠ مليون بارسك٠

هـ- النوفا والسوبرنوفا نظرا لمعرفة قدريهما المطلق عند أقصى لمعان لكل منهما

و - استخدام الطيف ذي الطول الموجي ٢١ سم في تحديد الأبعاد وهو يصدر من الهيدروجين وهي طريقة عالية الدقة لأن الهيدروجين هو العنصر الأساسي في الكون ولذلك فإن هذا الطول الموجي يسهل التقاطه من كثير من الأجسام مما يعطينا وسيلة فعالة في تحديد الأبعاد٠

٤- المجرات البعيدة لاتفلح معها طرق الرصد السابقة بل لابد من رصد أجسام أكثر ضخامة ولمعاناً مثل : الحشود الكرية أو السحب الساخنة والتي تحتوي على نجوم أو سوبرنوفا حيث تساعد هذه الأجسام على تقدير بعد المجرات ذات الأبعاد الكبيرة جداً٠

٥- أما حشود المجرات فنقيس أبعادها باستخدام المجرات العملاقة المعروفة القدر٠

مما سبق يتضح أن طرق القياس معتمدة على بعضها و أن الخطأ في قياس أبعاد المجرات يتزايد كلما بعدت المجرة عنا ، وفي الحقيقة يعتبر حساب أبعاد المجرات والأجرام البعيدة من النقاط الصعبة والتي يشوبها الخطأ مع ملاحظة أن الأبعاد النسبية يمكن حسابها بدقة عالية وذلك لأن مقارنة قدر نجم من النجوم اللامعة في مجرتين متباعدتين يمكن حسابه بدقة كافية ، أما بعد كلا من المجرتين عنا فتتوقف نسبة الخطأ في حسابه على مقدرتنا على تحديد القدر المطلق للنجم الذي استخدم في قياس بعد المجرة ٠

كيف يمكن حساب الخواص لأية مجرة ؟

بعد تحديد بعد المجرة يمكن معرفة قدرها المطلق ومن قياس شدة ضوئها يمكن تحديد لمعانها٠ وهذا يعني أن الدقة في حساب القدر المطلق للمجرة ولمعانها يعتمدان إلى حد كبير على دقة حساب بعد المجرة ٠ أما حساب كتل المجرات فهو أشد صعوبة وممكن فقط لجزء مما نراه من المجرات ، وهناك عدة طرق تستخدم في حساب كتل المجرات نذكر منها مايلي :

١ - كتلة المجرة من قياس الحركة الداخلية : فيمكن استخدام تأثير جاذبية المجرة على النجوم داخلها في حساب كتلة المجرة وذلك بقياس سرعة حركة النجوم في أطراف المجرة ومن ذلك يسهل حساب الكتلة باستخدام قانون كبلر الثالث ٠

٢ - قياس الكتلة باستخدام نظرية معدل الطاقة Virial Theorem وذلك من خلال حساب طاقة الوضع وطاقة الحركة ، حيث تقول نظرية معدل الطاقة إن مجموع طاقة الوضع للمجرة تساوي ضعف مجموع طاقة الحركة وبالتالي فإن مقدار كتلة المجرة اللازمة لكي تتحرك النجوم

بالسرعات التي يمكن رصدها وبحيث تأخذ المجرة الشكل الذي نراها به يمكن حسابها من خلال التعادل بين طاقتي الوضع والحركة .

٣ – نسبة الكتلة إلى الضوء : نسبة الكتلة إلى الضوء في الشمس تساوي الوحدة ، وبقياس هذه النسبة في المجرات المختلفة يمكن تقدير الكتل داخـــل المجرات ، ولكن هذه الطريقة تواجهها مشكلة كبيرة وهي أن هناك مايعرف بالمادة المظلمة والتي لاترى ولايصدر منها ضوء مما يسبب خطأ في حساب تلك النسبة .

٤ – كتل نظم المجرات : فالمجرات تظهر في نظام ثنائي تماماً كالنجوم ، وتستغرق مدة دورانها حول مركزهما عدة مئات الملايين من السنين ، ولكن هذه الطريقة تواجه عدة صعوبات ، فمن المحتمل أن نرى مجرتين قريبتين من بعضهما بينما هما في الحقيقة بعيدتين ولاتوجد أي علاقة بينهما ، كما أن قوة الجاذبية للمجرات المجاورة قد تدخل في الاعتبار ويصعب فصل تأثيرها على حركة النظام الثنائي وغير ذلك من الصعوبات الكثيرة.

٥ – كتلة حشد المجرات : وتحسب بطريقة مشابهة لحساب كتلة المجرة الإهليلجية فنبدأ بحساب السرعة التي تتحرك بها المجرات كل على حدة ثم نأخذ المتوسط للحصول على حركة مركز الحشد ، ثم نطرح سرعة أي مجرة من السرعة المتوسطة فنحصل على سرعة المجرة بالنسبة لمركز الحشد ، ومن ثم يمكن حساب قوة الجاذبية الناشئة عن الحشد وبالتالي كتلته.

تمدد الكون Expansion of the universe:

بدا جلياً في القرن الحالي للفلكيين أن المجرات تتباعد عنا وهذا التباعد يعني اتساع أو تمدد الكون ، والتحقق من هذه الفكرة يساعدنا على فهم تاريخ وتطور الكون من حولنا .

وبعد دراسات مستفيضة استنتج هوماسون وهابل قانون الإزاحة والمعـــروف بقانون هابل Hubble's Law والذي يبين أن الإزاحة الحمراء

$$ز = \frac{\Delta ل}{ل}$$ ، حيث ل ، Δل الطول الموجي والإزاحة التي حدثت فيه .

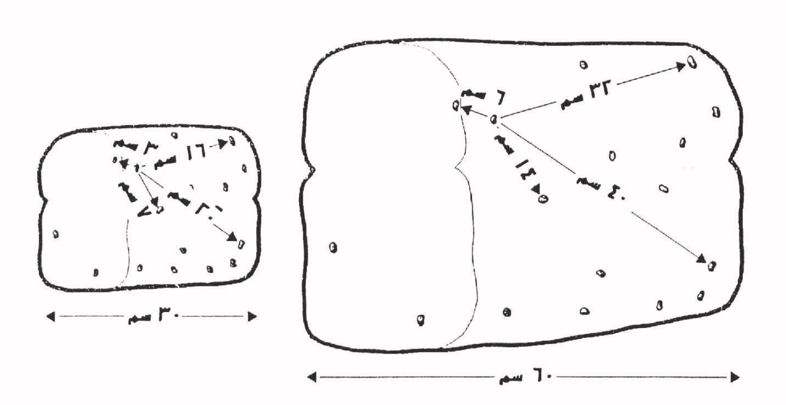
سرعة التباعد $س_ت$ تزداد مع بعد الجسم ب تبعاً للعلاقة :

$$س_ت = H ب$$

حيث H يسمى ثابت هابل وأحدث قيمه له هي ٧٥كم/ث لكل مليون بارسك . وهذا يعني أن أي مجرة تتباعد عنا بسرعة ٧٥ كم/ث كل مليون بارسك من بعدها ، فإذا كانت مجـرة تبعد عنا ١٠٠ مليون بارسك فإنها تتباعد بسرعة ٧٥٠٠كم /ث .

ويتمدد الكون من حولنا بحيث تتباعد المجرات تماما كما لو كان عندنا قطعة من عجين خبز تترك لتختمر فإنها تتمدد مثلاً لضعف الحجم كما في شكل (١٢-٣٣) ، ونلاحظ أن التمدد يحدث في

جميع الاتجاهات بدرجة متساوية ولكن هذا لايعني أن المجرات نفسها تتمدد فالأبعاد داخل أي مجرة ثابتة ولاتتغير . وقد لوحظ أن بعض المجرات القريبة منا تتقارب بالرغم من أن الحشود التي تتبعها هذه المجــــرات تتباعد عنا ، ولكن إلى أين وإلى متى سيظل الكون في تمدد ؟ سؤال محير وصعب تعددت فيه أراء العلماء ولو التفتنا إلى القرآن لوجدنا قول الله تعالى: «والسماء بنيناها بأيد وإنا لموسعون» وهذه الآية إذا فهمناها بأن التوسعة هنا عائدة على السماء فإنها بذلك تؤيد فكرة التمدد الكوني وإن كانت الآية تتسع أيضا لعملية التوسعة في بناء الكون فهناك نجوم ومجرات تتكون حديثا مما يزيد من توسعة البناء وزيادة الأجرام في الكون فسبحان من أنزل القرآن وضمنه الكثير من المعاني الدقيقة والعميقة في ذات الوقت حيث يري الإنسان في الكون من الشواهد التي تثبت وتزيد اليقين في قلبه بعظمة الخالق سبحانه وتعالى.



شكل (١٢-٣٣) تتمدد قطعة الخبز بعد التخمر وعند تسويتها في الفرن،
كذلك يتمدد الكون من حولنا فإلى أين وإلى متى؟

الفصل الرابع
المجرات الشاذة الغامضة
Peculiar galaxies

رصد الفلكيون مجموعة من المجرات ذات طبيعة شاذة حيرت العلماء كثيرا ٠ ويمكن وضع هذه المجرات تحت الأنواع التالية :-

١- مجرات راديوية :

وهي تتميز بأنها تشع كميات هائلة من الأشعة الراديوية ، وهي غالبا ماتكون عمالقة إهليلجية ، ويلاحظ أن الأشعة تنبعث في مسارين مستديرين على جانبي المجرة ٠ وحتى الآن فإن مصدر الأشعة غير معلوم ولكن يبدو أنه يأتي من مركز في قلب المجرة ٠

٢- مجرات سيفرت :

وهي مجرات حلزونية لها نواة ذات بريق عال أزرق اللون مما يعني أنها تتكون من نجوم حديثة التكوين ، وترسل هذه المجرات مادة ذات درجة حرارة عالية وبسرعات كبيرة ٠

٣- الكوازار :

كلمة كوازار تعني أشباه النجوم ، حيث كان العلماء يعتقدون أنها نوع من النجوم وقد اكتشفت الكوازار لأول مرة في عام ١٩٦٣ ميلادية كأجسام ذات سرعة عالية تبدو كنجوم من النوع الأزرق البراق ، ويعتقد الفلكيون في الوقت الحالي وبعد اكتشاف أكثر من ١٥٠٠ كوازار أنها عبارة عن مجرات حديثة التكوين ، مما يعني أن نجومها حديثة الولادة ولذلك تتميز هذه المجرات بلمعانها العالي . لقد أصبحت دراسة مجرات الكوازار من الدراسات الشيقة والصعبة في نفس الوقت وذلك نتيجة لصعوبة رصدها ومعرفة أسرارها. ويمكن ببساطة تلخيص أهم ما تتميز به مجرات الكوازار فيما يلي : -

أ- إزاحة حمراء عالية جدا مما يعني أن سرعتها تقترب من سرعة الضوء، وهذا يدل على أنها موجودة على مسافة بعيدة جدا في أحد أطراف الكون الفسيح ٠ وحيث إن البعد يعتبر مقياسا للزمن فإن البعد الشديد للكوازار يدل على أنها مجرات في أول عمرها ٠

ب- قوة إشعاع عالية جدا ٠

ت- يؤكد اللون الأزرق على شدة اللمعان ٠

ث- بعضها مصدر قوى للأشعة الراديوية (١٠٪) ولكن أغلبها يصدرالأشعة السينية بكميات هائلة٠

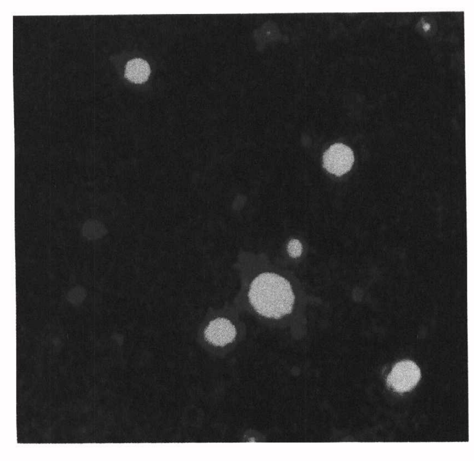


شكل (١٢-٣٤) المجرة NGC 1566 وهي من النوع سيفرت وتبعد عنا بمقدار ١٥ مليون بارسك. إنها تبدو كمجرة حلزونية عادية ولكنها في حقيقة الأمر شديدة اللمعان ومركزها يتغير في لمعانه بشكل دوري كل شهر، مما جعل العلماء يعتقدون أنه يوجد في نواتها ثقب أسود ضخم هو المسؤول عن التغير الكبير في كمية الضوء الخارجة من المركز.



شكل (١٢-٣٥) مجرة قنطورس (أ) وهي مجرة إهليجية عملاقة . يمتد في وسطها شريط غير منتظم من الحبيبات وهو يمثل بقايا مجرة حلزونية إصطدمت وتداخلت مع مجرة قنطورس.

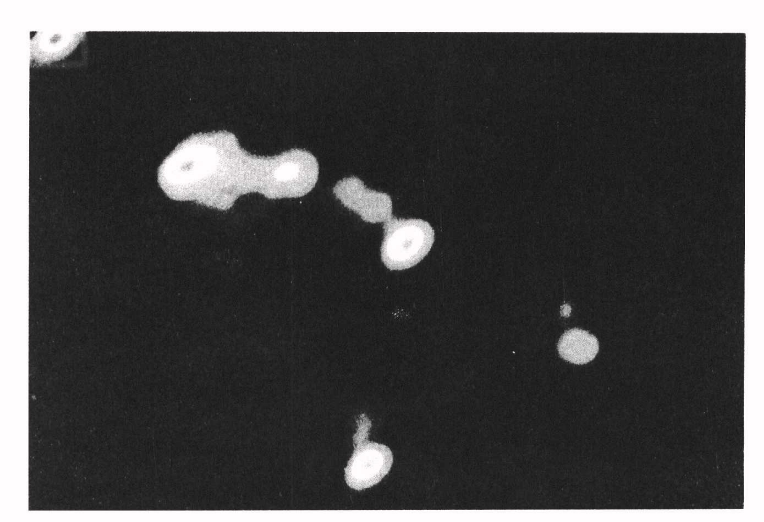
ج- يتغير لمعانها بشكل شديد وفي وأوقات متباينة ، وهذا يؤكد أن كمية الطاقة الهائلة التي تحتوي عليها تلك المجرات تزداد في مقدارها في عدة أيام ضوئية كما لو كانت نوعا من المجرات المتغيرة كالنجوم المتغيرة . ومازال مصدر هذه الطاقة الهائلة من الأسرار التي لم يفهمها الإنسان .



شكل (١٢-٣٦) الكوازار 3C 27501 وتقع في مركز احد حشود المجرات وتبعد عنا بحوالي ٢.٢ بليون سنة ضوئية، يحيط بنواة المجرة سحب من الغازات في شكل إهليجي

وتمثل الكوازار واحدة من التحديات التي تجابه الفلكيين والتي يمكن أن تؤدي إلى إحداث تغييرات جوهرية عن فهمنا للكون وكيفية إنتاج الطاقة داخل الكوازار، فقد رصدت بعض مجرات الكوازار بلمعان يبلغ ١٠-١٠٠ ضعف لمعان ألمع المجرات الإهليلجية العملاقة. وتنتج الكوازار الطاقة في لب لها لا يزيد في قطره عن عدة سنوات ضوئية وهي بالطبع مسافة صغيرة جدا بالنسبة لأبعاد المجرات ، ومما يزيد من تعقيد المشكلة أن لمعان الكوازار يتغير كل شهر أو كل اسبوع أو حتي خلال أيام وبطريقة غير منتظمة ومقدار التغير في حدود عشرات المرات وهذا تغير لا نستطيع شرحه أو فهمه في حدود ماتعرفنا عليه من مصادر الطاقة في النجوم إلى وقتنا هذا وحتى نتفهم ذلك فإن زيادة لمعان الكوازار للضعف مثلا يعني تحول عشر أمثال كتلة الأرض إلى طاقة كل دقيقة!! وكما نري فهو تغير هائل في الطاقة يصدر من منطقة صغيرة وفي وقت قصير جدا، فما هو مصدر مثل هذه الطاقة الهائلة؟ هذا بالطبع هو التحدي الحقيقي الذي يواجه الفلكيين في عصرنا الحالي ، ولعل فهمهم لهذا اللغز قد يؤدي إلي معرفة قدرا مهما من قصة حياة المجرات ، ولقد وضع الفلكيون نماذج عديدة لمحاولة فهم مصدر الطاقة الهائلة الموجودة في الكوازار ، وأحد هذه النماذج المقبولة أن يكون داخل الكوازار ثقب أسود ضخم كتلته ربما تزيد عن المليون كتلة شمسية ، وفي هذه الحالة يجتذب هذا الثقب الأسود مادة المجرة من نجوم وسحب بين نجمية ويجعلها تدور حوله كما وصفنا عند الثقب الأسود في حالة النجمين المزدوجين وينتج عن اجتذابه للمادة إنتاج كم هائل من الطاقة يمكن أن يفسر مانراه من الكوازار. فهل يمكن أن يكون هذا النموذج هو الحل للسر الغامض الذي تكتنفه مجرات الكوازار؟ مازلنا في حاجة إلى تكاتف جهود العلماء النظريين والتجريبيين حتى نتعرف على مصدر طاقة الكوازار .

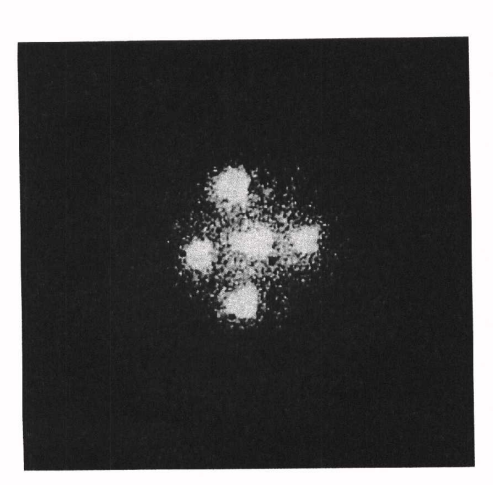
وتعتبر أشباه النجوم (أو الكوازار) مجرات حديثة في العمر ، ويدعم هذا الرأي أنها ترى فقط



شكل (١٢-٣٧) صورة للكوازار الثنائي 561 + 0956 بالأشعة الراديوية وبالقرب منهما توجد مجرة عملاقة وهي التي تعمل كمرآة تعكس صورة الكوازار بحيث تظهره كمجرتين وهما في الحقيقة جسم وصورته. إن عدسة الجاذبية تعمل كعمل المرآة.



شكل (١٢-٣٨) يشير السهم لمجرة من نوع الكوازار



شكل (١٢-٣٩) صـورة بواسطة تلسكوب هابل لعـدد من صور الكوازار كونتها ظاهرة عدسة الجاذبية

عند مسافات بعيدة جدا ، فقد رصدت مجرات الكوازار على أبعاد تزيد عن ١٠-١٦ بليون سنة ضوئية وبالتالي فقد خرجت منها الأشعة منذ أمد بعيد جدا (١٠-١٦ بليون سنة) إلي أن وصلتنا في الوقت الحالي وحيث إن عمر الكون في حدود ٢٠ بليون سنة لذلك فإن الصورة التي نرصدها لمجرات الكوازار تعبر عن مجرات حديثة التكوين أو قل حديثة الولادة .

عدسة الجاذبية

Gravitational lens :

تعمل قوة الجاذبية كالعدسات والمرايا ، حيث إنها تؤدي إلى انحراف الضوء أو إلى تكبير الصورة المرئية منه ، وقد لاحظ الفلكيون هذه الظاهرة أول مرة عندما رصدوا النجوم القريبة من قرص الشمس لحظة الكسوف فوجدوا أن مواقع النجوم متغيرة عن وضعها الحقيقي مما يعني أنه قد حدثت إزاحة بفعل جاذبية الشمس للضوء الصادر من هذه النجوم ، وانحراف الضوء بفعل الجاذبية هو الذي فهمنا من خلاله كيفية تحول النجم إلى ثقب أسود يمنع الضوء من الخروج منه بفعل جاذبيته الهائلة . وقد ينحرف الضوء المنبعث من الكوازار بفعل حشود المجرات الموجودة بيننا وبينه فتتكون صورتان لنفس الكوازار عند موقعنا أو أن تظهر صورة مكبرة للكوازار تماما كما تفعل العدسات المكبرة ، وإذا صح هذا الاعتقاد فقد يفسر لنا ذلك البريق العالي للكوازار، بمعنى أنه في حقيقته أقل بريقا مما نراه . لقد تم رصد أكثر من ١٥٠ كوازار شديدي اللمعان فهل يعني هذا أن عدسة الجاذبية هي السبب فيما نراه من لمعان أم أن تلك المجرات تحوي ثقوبا سوداء ضخمة؟ ومن الاكتشافات الحديثة والمثيرة حقا أنه تم رصد صورتين لكوازار متقاربين بشدة من بعضهما، فهل حدث ذلك بفعل عدسة الجاذبية أيضا أم أنها تعبر بالفعل عن نظام مزدوج من المجرات كالنجوم المزدوجة؟ وإذا استطعنا أن نفرق بين طيفي الصورتين لنحدد ما إذا كان الطيفان مختلفين أم متماثلين فإن ذلك سيوضح الطريقة التي ينبغي أن نفكر بها وهناك وسيلة أخرى تساعد على فهم هذه المعضلة ، وهي ملاحظة تغير الصورتين في اللمعان ، فهل تغيرا بنفس القدر؟ فإذا صح هذا فبلا شك سيتأكد لدينا أن عدسة الجاذبية هي المسؤلة عن ظهور صورتين لنفس الكوازار ، ولكن دراسة الطيف الصادر عن الكوازار أمر بالغ الصعوبة وذلك لقرب الصورتين من بعضهما بدرجة كبيرة ، وإذا صح الاحتمال الثاني بأنها تعبر عن نظام مزدوج من المجرات فستعتبر هذه فرصة نادرة لدراسة تفاعل وحركة المجرات الحديثة العمر.

تشير كل الدلائل إلى قصة حياة للمجرات مازالت غير مفهومة بشكل واضح بالنسبة لنا ، وأمامنا المزيد من الدراسات حتى نستطيع معرفتها كما عرفنا قصة حياة النجوم ٠ نعم مازلنا نتعلم الكثير من الكون المحيط بنا ، وهناك الكثير من الأسرار التي لم تكتشف بعد ونشعر أننا مشدودون إلى معرفتها وكشف أسرارها ، وفي أخر الأمر نرى مشاعرنا ممتلئة بعظمة الخالق وعظيم قدرته مرددين قوله تعالى «الحمدلله الذي خلق السموات والأرض وجعل الظلمات والنور ثم الذين كفروا بربهم يعدلون» سورة الأنعام: الآية (١) ٠

الباب الخامس
حشود المجــرات
Clusters of galaxies

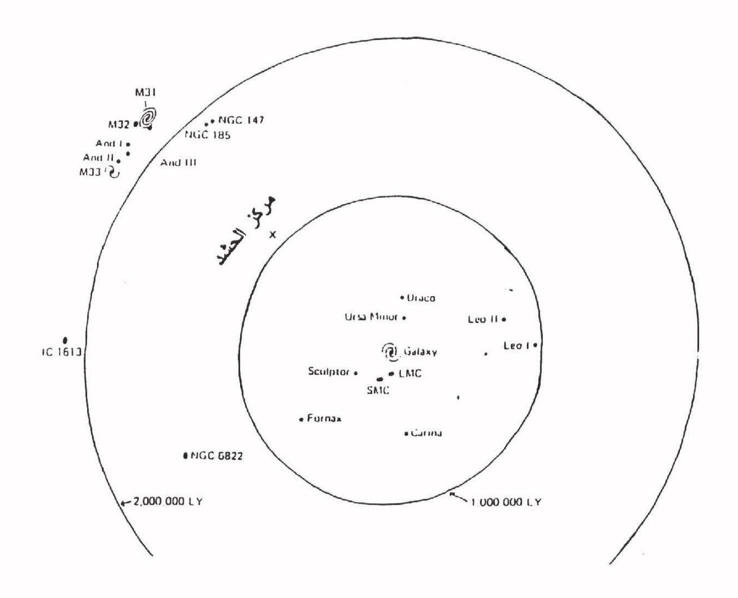
رغم أن المجرات هائلة الأبعاد إلا أنه أصبح من الواضح أن المجرات موجودة في أنظمة أكبر منها تسمى حشود المجرات ، وكما أن النجوم تتحرك داخل المجرات فإن المجرات تتحرك كذلك داخل حشودها ولكنها تتحرك حركة تباعدية وهذا يعنى أن حشد المجرات يتمدد كما يحدث لعجينة خبز حيث تتمدد أثناء خبزها. وهناك رأي أخر يقول إن كل مجرة تتباعد عن جاراتها بحيث تبدو المجرات كما لو كانت تتبادل المواقع ، وقد يحوي حشد المجرات عشرات أو مئات أو الاف المجرات ، والحشد الذي تتبعه مجرتنا ويسمى الحشد المحلي من الحشود الصغيرة في عدد مجراتها.

الحشد المحلي Local cluster :

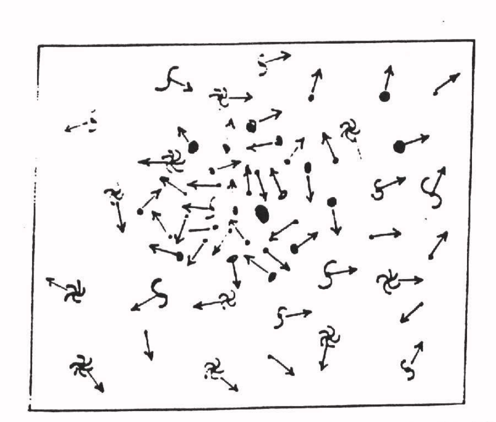
ويحتوي على ٣٠ مجرة تقريبا موزعة بشكل عشوائي داخل الحشد ، ويوجد داخل الحشد مجرات من الأنواع الثلاثة المعروفة ، حلزونية وإهليلجية وغير منتظمة ، وقطر الحشد المحلي حوالي مليون بارسك ، ومجرتنا تبعد قليلا عن مركز الحشد .

الحشود الغنية بالمجرات Rich clusters :

يعتبر الحشد المحلي صغيرا إذا ماقورن بالحشود الغنية والتي تحتوي على مئات أو آلاف المجرات ، وتبدو هذه الحشود منتظمة الشكل بحيث يزداد عدد المجرات كلما اتجهنا نحو مركز الحشد . فسبحان الله الذي خلق كونا فسيحا مترامي الأطراف تحكمه قوانين متشابهة فحشود المجرات تشبه حشود النجوم ، وللعقل أن يحاول أن يتخيل كيف تتفاعل هذه المجرات مع بعضها حينما تكون في حركتها حول مركز الحشد ، فقد تتداخل مجرتان أو أكثر فينشأ عن ذلك تحول المجرات من نوع الى اخر. ويلاحظ أن مركز الحشد أغلبه مجرات من النوع الإهليلجي Eo والحلزوني Sa بينما كان الحال بالنسبة للمجرات بشكل عام أن ٦٠٪ منها من النوع الحلزوني، وهذا يعني أن المجرات الحلزونية توجد بعيدا عن مراكز الحشود. ويلعب غاز مابين المجرات دورا مهما في تحويل المجرات الحلزونية إلى مجرات إهليلجية وذلك عن طريق إخراج مادة مابين النجوم من المجرات الحلزونية مما يؤدي إلى تحولها إلى مجرات إهليلجية أو حلزونية من النوع الدائري Sa ، وقد يحدث أن تتقارب مجرتان داخل الحشد فتكتسب إحداهما طاقة حركة وتتحرك في مدار أكبر من مسارها السابق بينما تقترب الأخرى أكثر من مركز الحشد تماما كما يحدث حينما تتجمع العناصر الثقيلة داخل لب الكوكب وترتفع العناصر الخفيفة إلى الخارج ، وبتلاحم المجرات في مركز الحشد قد تتكون مجرة إهليلجية ضخمة تزداد في الحجم كلما اندمجت معها مجرة اخرى .



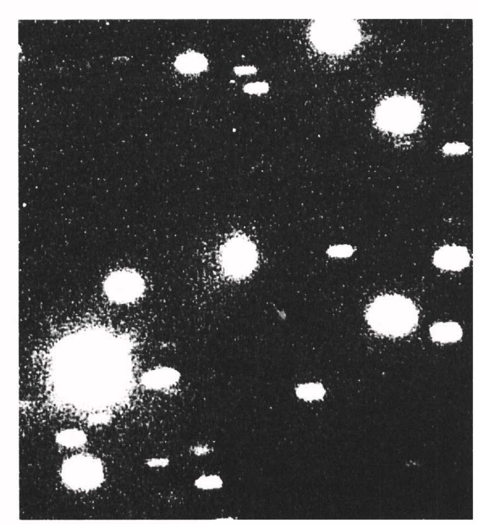
شكل (١٢–٤٠) الحشد المحلي من المجرات



شكل (١٢–٤١) حركة المجرات داخل حشد من المجرات ونلاحظ حركة عشوائية للمجرات







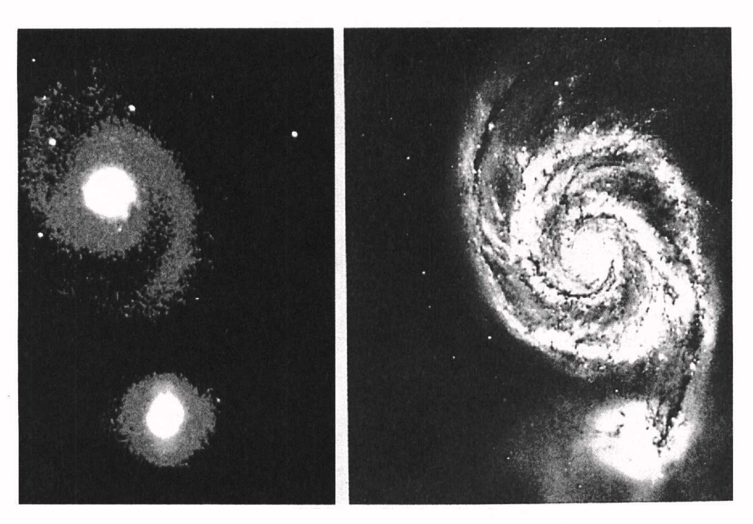
شكل (١٢-٤٢) صور لمراكز بعض حشود المجرات

وقد رصدت مجرة لها نواتان مما يؤكد نفس الفكرة السابقة ، وبالطبع فإن المجرات الضخمة تمثل أقصى قيم لكل من الكتلة والحجم ودرجة اللمعان ، وبذلك يمكننا القول إن المجرات الإهليجية الضخمة موجودة في حشود المجرات الغنية . ولايوجد تشابه واضح بين مادة مابين المجرات وتلك التي توجد بين النجوم ، وفيما يبدو فإن هناك كمية قليلة من المادة بين المجرات مصدرها المجرات نفسها ودرجة حرارتها عالية (حوالي ١٠٠ مليون درجة مطلقة) ، ويظهر من الأرصاد الفلكية أن حشود المجرات ليست هي أكبر مانعرفه من تجمعات في الكون فقد لاحظ الفلكيون أن حشود المجرات تتواجد في تجمعات أكبر منها تعرف بالحشود الفائقة superclusters وهي غير منتظمة في شكلها ، وليس من الواضح أيهما خلق أولا المجرات ثم حشود المجرات ثم الحشود الفائقة كما تقول نظرية التطور من القاع إلى القمة حيث تبدأ بافتراض أن الكون كان باردا . أما النظرية الثانية وهي نظرية التطور من القمة إلى أسفل حيث تفترض أن الحرارة في بداية خلق الكون كانت عالية جدا بحيث تستطيع الكتل الكبيرة فقط أن تتكون فظهرت أولا الحشود الفائقة ثم تكونت في داخلها مع برودة الحرارة حشود المجرات ثم المجرات . وفي الحقيقة لم تصبح فكرة الحشود الفائقة مؤكدة بشكل تام حتي الآن وليس لدينا معلومات كثيرة عنها فما عرفه الإنسان من كون الله الفسيح يبدو كقطرة في بحر عميق ، فسبحان من له الكبرياء في السماوات والأرض .

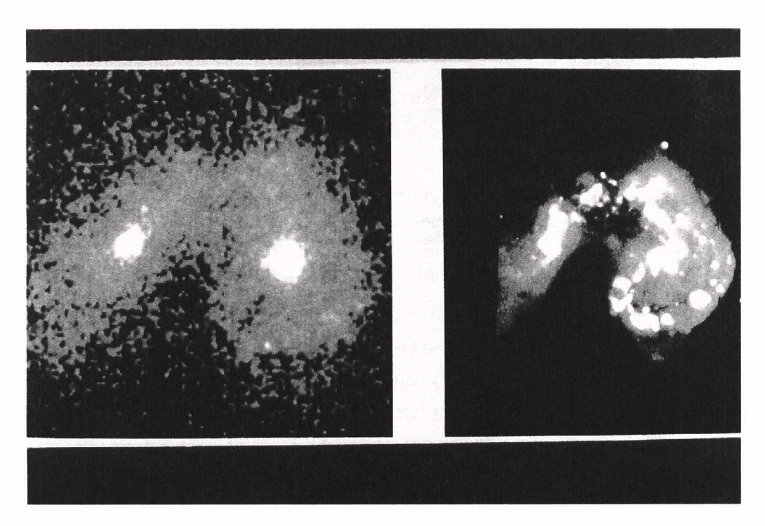
شكل (١٢-٤٣) قوس ضوئي هائل في حجمه بحيث تصغر أمامه حشود المجرات. إنه لا يمثل صورة حقيقية ولكنه نتيجة من نتائج عدسة الجاذبية

قوة الجاذبية وخاصية العدسة:

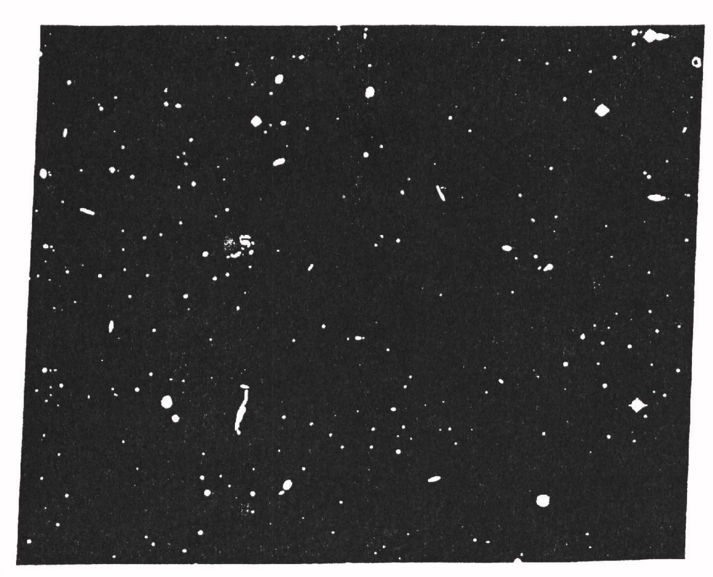
لقد واجه الفلكيون ظاهرة غريبة أثناء رصد حشود المجرات ، فقد لوحظ أن كثيراً من الحشود



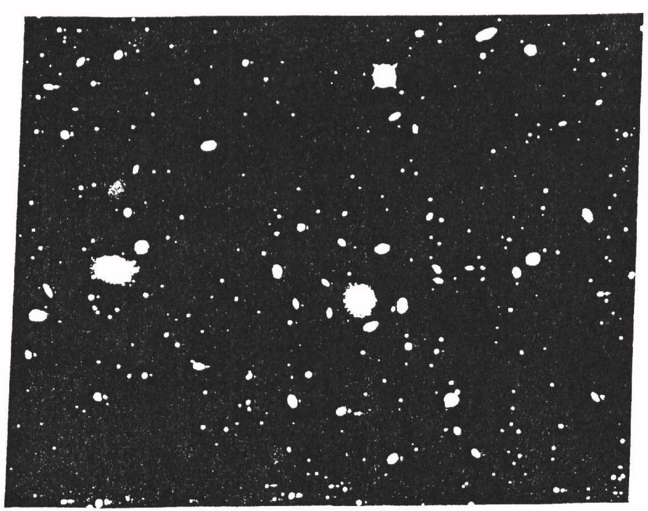
شكل (١٢ - ٤٤) صورة لمجرتين في الضوء المرئي (على الشمال) وفي الأشعة تحت الحمراء (على اليمين) وقد حدث اصطدام بينهما واندمجت إحداهما في الأخرى ولكن نواتي المجرتين منفصلتان.



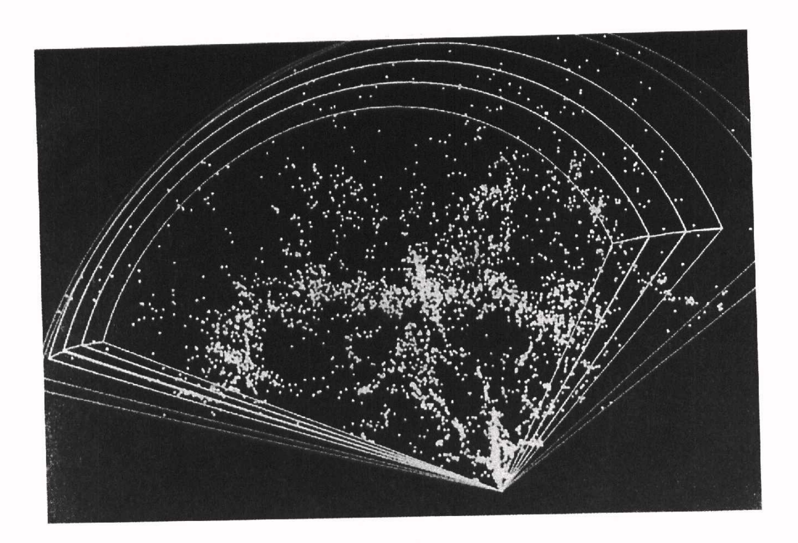
شكل (١٢-٤٥) مجرة M51 والتي اصطدمت مع مجرة أخرى تظهر منها نواتها . الصورة على الشمال تبين أن منطقة التصادم قد تكونت فيها نجوم حديثة.



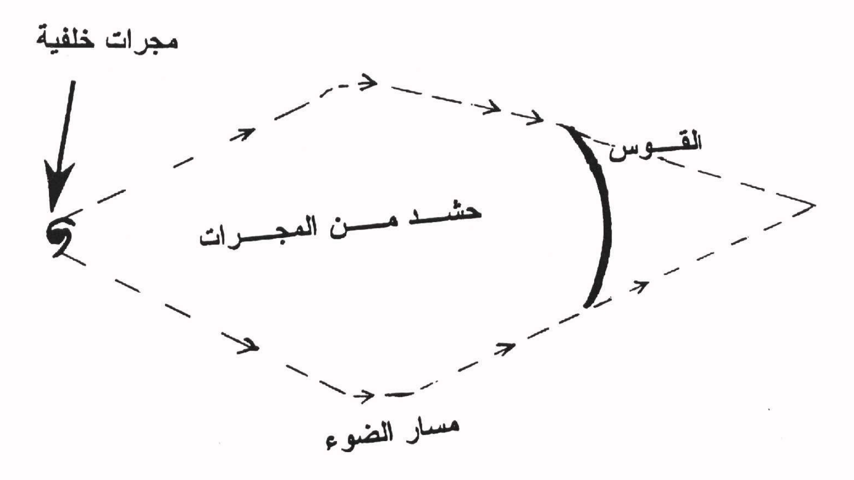
شكل (١٢ – ٤٦) المنطقة المركزية لحشد المجرات المسمى الجاثي



شكل (١٢–٤٧) الجزء المركزي من حشد المجرات المسمى كوما



شكل (١٢-٤٨) توزيع المجـرات في الكون كـمـا تم تصـوره من خـلال رصـد الاف المجـرات ورسم خـريطة بتوزيعها ورسم صورة ثلاثية الأبعاد بواسطة الكومبيوتر . ويظهر في الشكل عدم انتظام توزع المجرات فهناك أماكن مزدحمة بالمجرات وأخرى تبدو فارغة وهذا أمر غير مفهوم. وهذا يؤكد أن الإنسان مازال يحبو أمام أسرار الكون الهائل.



شكل (١٢-٤٩) قوة الجاذبية كعدسة مكبرة

تحتوي على أقواس أو حلقات ضخمة مضيئة ، كما في شكل(١٢-٤٣) ، وكلمة ضخمة هنا تفوق أي تصور سابق للإنسانية حيث يصل طول القوس إلى عدة ملايين السنين الضوئية. ويعتقد الفلكيون أن هذا القوس ماهو إلا صورة مكبرة لمجرات بعيدة توجد خلف حشد من المجرات ، بمعنى أن القوس لايعبر عن مادة حقيقية في مكان ظهوره إنما هو عبارة عن صورة لمجرات موجودة خلف الحشد كما في شكل (١٢-٤٩) ، والسبب في ذلك أن قوة الجاذبية للحشد تعمل على انحراف الأشعة الصادرة من المجرات البعيدة ويتجمع الضوء المنحرف ليكون صورة أمام حشد المجرات ، وهذه الظاهرة تعرف بعدسة الجاذبية ، حيث تقوم قوة الجاذبية بعمل العدسة التي تجمع الضوء المنبعث من الجسم وتكبر الصورة الناشئة عنه ، وبالتالي يمكن أخذ تكبير الصورة مقياسا لقوة الجاذبية للحشد الذي أحدث الانحراف في الضوء . وبهذه الخاصية استطاع العلماء تقدير كتل حشود المجرات ، وقد وجد أن النتائج مطابقة مع طرق أخرى عادية تستخدم في حساب الكتلة مما يعد تأكيدا لصحة ظاهرة عدسة الجاذبية ، وبالظاهرة السابقة نفسها يمكن تفسير مانراه من مجرتين متشابهتين من نوع الكوازار عند المسافة نفسها. فباستخدام فكرة عدسة الجاذبية يمكن أن نفهم مثل هذه الصور لأزواج الكوازار على أنها مجرة واحـــدة من الكوازار والجسم الثاني هي صورة للمجرة نفسها وليست مجرة أخري ، وقد نشأت بعد ذلك مشكلة أخرى ، وهي أنه بقياس كتلة الجزء المرئي من الكون لوحظ نقص في كتلته عما ينبغي أن يكون عليه ، وملاحظة الفرق يمكن أن يظهر من خلال مقارنة الكتل المرئية من مادة الكون مع ماتعطيه الحسابات ، ولايمكن تفسير فارق الكتلة إلا بوجود جزء من مادة الكون غير مرئي مثل مادة الثقوب السوداء ، ويطلق الفلكيون على المادة المفقودة المادة المظلمة دلالة على عدم رؤيتها، وبذلك تزداد الحاجة إلى فكرة وجود الثقوب السوداء والتي مازلنا نبحث عنها ، وأمام الشعور بعجز الإنسان في فهم الكثير من أسرار الكون الفسيح الأرجاء أجد نفسي راكعا أمام قول الله تعالى: «هذا خلق الله فأروني ماذا خلق الذين من دونه».

نشأة الكون وتطوره :

حينما نتكلم عن الكون فإننا نتكلم عن الكون المرئي وهو يقع تحت السماء الدنيا أما السماء الأولي والثانية إلي أخر السماوات السبع فعلمها عند الله سبحانه وتعالي . ورغم هذا فالسماء الدنيا مهولة في شدة اتساعها وضخامة بنائها . وتفسر نظرية الانفجار العظيم تصورنا الانساني لنشأة الكون وتطوره المستقبلي حيث تنص هذه النظرية علي أن المادة والطاقة المنتشرة في أنحاء الكون كانت في بداية الكون منحصرة في حيز صغير جدا لا متناهي في الصغر وحالة المادة في ذلك الوقت مجهولة بالنسبة لنا وكان ذلك منذ حوالي ١٥ بليون سنة . ولقد بدأت المادة في البرودة والتمدد بمعدل سريع وفي وقت قصير ويمكن تلخيص ذلك في الخطوات التالية :

١- انخفضت الحرارة إلي ١٥٠٠ مليون مليون درجة مطلقة وكانت المادة الأولية عبارة عن كواركات Quarks تتحرك في بحر من الطاقة .

٢- عندما تمدد الكون إلي ألف مرة عن حجمه الأول فإن حجمه الجديد أصبح في حجم المجموعة

الشمسية وعنها بدأت الكواركات تنتظم في النيوترونات والبروتونات .

٣- حينما تمدد الكون إلي ١٠٠٠ مرة مثل المجموعة الشمسية فإن النيوترونات والبروتونات كونت نويات الذرات للهيليوم والديوتيريوم . لقد حدث ماسبق حسبما يعتقد العلماء في خلال الدقيقة الأولي من عمر الكون ، وكانت الحرارة مازالت عالية ، ولذلك لم تتكون الذرات بعد .

٤- وبعد ٣٠٠ ألف سنة من نشأة الكون تمدد الكون إلي حجم أصغر ألف مرة من حجمه الحالي ووقتها تجمعت الذرات مكونة سحب من الغاز والتي تطورت بعد ذلك لتكون النجوم .

٥- حينما وصل حجم الكون لخمس حجمه الحالي تكونت النجوم وتجمعت فيما يمكن أن نسميه مجرات حديثة الولادة .

٦- عندما كان الكون في نصف حجمه الحالي فإن التفاعلات النووية داخل النجوم أنتجت معظم العناصر الثقيلة والتي تكونت منها بعد ذلك المجموعة الشمسية . إن نظامنا الشمسي يعتبر صغيرا من حيث العمر نسبيا ، فقد تكون منذ حوالي ٥ بليون سنة عندما كان الكون في ثلثي حجمه الحالي .

ومع مرور الزمن فإن عملية نشأة النجوم ستقل وبالتالي فإن عدد النجوم سيصبح في تناقص . ومن المتصور أن بعد حوالي ١٥ بليون سنة من الآن فإن تلك النجوم التي مثل شمسنا ستصبح نادرة الوجود ، وسيكون الكون غير مأهول بمخلوقات مثلنا . إن هذا التصور عن نشأة الكون وتطوره قد وضعه العلماء من خلال النظرية المعروفة بنظرية الانفجار العظيم وتمكنوا من تفسير العديد من الظواهر الفلكية ولكن مازالت أمامهم تحديات كبيرة تقف كألغاز يصعب التعامل معها ، فلا يعرف الفلكيون مثلا كيف تكونت المجرات؟ وكيف كان الكون قبل عملية التمدد ؟ وماذا عن المستقبل حينما تفني الطاقة داخل النجوم ؟ وغير ذلك العديد من الأسئلة العويصة . ولقد ظهرت نظرية حديثة لمحاولة حل بعض تلك الألغاز التي واجهت نظرية الانفجار العظيم ، وتعرف النظرية الجديدة بنظرية الانتفاخ الذاتي للكون The Self-Reproducing Inflationary Universe ومن خلال هذه النظرية يحاول العلماء وضع تصور لما حدث في كسر من الثانية الأولي من عمر الكون . حيث تصور نظرية الانتفاخ أن الكون في خلال أقل من ثانية انتفخ كما تنتفخ فقاعات الصابون . فبدلا من أن يكون قد حدث انفجار من حجم وحرارة لا نهائيين كما تصور نظرية الانفجار العظيم ، فإن نظرية الانتفاخ تري أن كرة الكون المنتفخة خرجت منها كريات انتفخت كل منها لتكون كور أخري وهكذا استمرت عملية الانتفاخ ليأخذ الكون حجم كبير في فترة زمنية وجيزة (أقل من ثانية) . إن أسس نظرية الانتفاخ جاءت من جذور فيزياء المواد الأولية ومن نظرية توحد القوي الكهرومغناطيسية والقوي الضعيفة . ولهذا فإن تقدمنا في دراسة المواد الأولية والقوي المختلفة يساعد بلا شك علي تطور هذه النظرية . ورغم أن هذه النظرية في مهدها (١٥ سنة) إلا إنها قد ساعدت علي تفسير بعض الألغاز التي خلفتها نظرية الانفجار العظيم . ولكن يبقي أن نقول أننا مازلنا نحبو في فهمنا لنشأة الكون وتطوره ، ومع تقدم آلات الرصد وتعمق فهمنا لفيزياء المادة في الكون فإن معرفتنا للكون من حولنا تزداد وشعورنا بما في الكون من بديع صنع الله يزداد رسوخا .

ملخص :

١- مجرتنا (تسمي درب التبانة) من النوع الحلزوني ، ولها أربعة أذرع .
٢- مجرة درب التبانة من المجرات المتوسطة وبها مايزيد عن ١٠٠ بليون نجم .
٣- تتجمع النجوم داخل المجرة فيما يعرف بالحشود النجمية ومجرتنا تحتوي علي آلاف الحشود النجمية .
٤ – يزداد تركيز النجوم إلي ١٠ مليون نجم في البارسك في نواة المجرة .
٥ – تتحرك الشمس حول مركز المجرة بسرعة ٢٥٠ كم/ث .
٦ – النجوم الحديثة توجد علي أذرع المجرة .
٧ – كتلة مجرة درب التبانة يزيد عن ١٠٠ بليون كتلة شمسية .
٨ – نواة المجرة من الموضوعات التي مازالت غامضة حيث يصعب رؤية مايدور بداخلها .
٩ – تحيط بالنواة سحب كثيفة سريعة الحركة وساخنة مما حدا بالفلكيين أن يفترضوا وجود ثقب اسود في مركز المجرة تزيد كتلته عن ١٠ ملايين كتلة شمسية .
١٠ – ومن المحتمل أن المركز كان عبارة عن عدة حشود كرية ونجوم هذه الحشود كانت ذات كتل عالية بحيث تحولت إلي ثقوب سوداء.
١١- تختلف سرعة حركة النجوم حسب بعدها عن نواة المجرة .
١٢- الحشود ثلاثة أنواع : كرية ومفتوحة وائتلافية .
١٣- الحشود الكرية تتميز بما يلي :
أ- هي أكثر الحشود نجوما
ب- ونجومها قديمة .
ج- تحتوي علي نجوم متغيرة من نوع السلياق RR
د- توجد في الهالة والنواة .
و- أكثر الحشود استقرارا .
١٤- تولد النجوم في الحشود الائتلافية .
١٥- نجوم الحشود المفتوحة والائتلافية من الجمهرة الحديثة .
١٦- الحشود الإئتلافية هي أقل الحشود استقرارا .
١٧- أكثر الحشود شيوعا في مجرتنا هي الحشود المفتوحة .
١٨- توجد الحشود الإئتلافية بالقرب من الحشود المفتوحة .
١٩- تنتقل النجوم الحديثة الولادة من الحشود الائتلافية إلي الحشود المفتوحةتدريجيا .

تابع الملخص

٢٠- نجوم الحشد الواحد غالبا ما تكون من نفسه العمر .
٢١- الشكل H-R للحشود الكرية متشابه .
٢٢- يختلف الشكل H-R في الحشود المفتوحة المختلفة .
٢٣- تنقسم المجرات من حيث الشكل إلي ثلاثة أنوا ع: الحلزونية والإهليجية وغير المنتظمة .
٢٤- المجرات الحلزونية منها ما له قضيب ومنها ما ليس له قضيب .
٢٥- أكثر المجرات شيوعا من النوعين الحلزوني والإهليجي .
٢٦- المجرات العملاقة والقزمية تكون من النوع الإهليجي .
٢٧- قد تتلاحم المجرات وبشكل خاص في مراكز حشود المجرات .
٢٨- يحتوي الحشد المحلي من المجرات علي حوالي ٣٠ مجرة .
٢٩- توجد المجرات الإهليجية العملاقة في مراكز حشود المجرات .
٣٠- تتجمع حشود المجرات في نظم أكبر تسمي الحشود الفائقة .
٣١- تعمل قوة الجاذبية كعمل العدسة أو المرآة حيث ترسل لنا الجسم وصورته أو ترسل لنا صورة مكبرة للجسم .
٣٢- تتباعد المجرات عن بعضها بشكل عام داخل حشود المجرات ، مما يعني أن حشود المجرات تزداد في حجمها .
٣٣- توجد حشود غنية بالمجرات .
٣٤- مجرات الكوازار مجرات حديثة التكوين .
٣٥- يمكن رصد مجرات الكوازار رغم بعدها الشديد وذلك لشدة لمعانها.
٣٦- مجرات سيفرت من النوع الحلزوني ولكنها شديدة الزرقة
٣٧- يمكن من خلال نظريتي الانفجار العظيم والانتفاخ تفسير العديد من الظواهر الفلكية المتعلقة بكيفية نشأة الكون وتطوره .

أسئلة الباب الثاني عشر

١- اذكر ماتعرفه عن مجرتنا ٠

٢- كيف تتحرك الشمس حول مركز المجرة؟

٣- هل يمكن حساب كتلة المجرة؟

٤- كم عدد الأذرع لمجرة درب التبانة ؟

٥- اذكر ماتعرفه عن نواة المجرة .

٦- ما أنواع الحشود ؟ وأيها أكثراستقرارا ؟

٧- قارن بين حشود النجوم ٠

٨- ما أنواع المجرات ؟

٩- اذكر بعض أنواع المجرات الشاذة ٠

١٠- هل هناك حشود للمجرات ؟ بين ذلك ٠

١١- ما الكوازار ؟ وماذا أفادتنا في معرفتها عن الكون ؟

١٢- تعمل الجاذبية كعدسة مكبرة ٠ فسر ذلك ٠

١٣- الزمان والمكان عاملان متلازمان في الكون . فسر ذلك

أجب بصح أو بخطأ ثم صوب الخطأ :

١- الحشد الائتلافي أحدث عمرا من الحشد الكرى ٠

٢- الحشد المفتوح يحتوي على عدد من النجوم أقل من الحشد الكرى ٠

٣- الحشد الكرى أكثر الحشود استقرارا ٠

٤- النجوم من الجمهرة الأولى حديثة التكوين ٠

٥- مجرتنا من المجرات ذات القدر العالي ٠

٦- المجرات الحلزونية بها سحب بين نجميه ٠

٧- المجرات الحلزونية نجومها أقدم عمرا من الكوازار ٠

٨- يوجد كوازار قريب من الشمس ٠

٩- النجوم تتباعد عنا ٠

١٠- المجرات تتباعد ٠

١١- مجرتنا تقع في حشد غني بالمجرات .
١٢- يمكن أن تتصادم المجرات .
١٣- أكبر المجرات من النوع الإهليجي .
١٥- المجرات غير المنتظمة هي نفسها المجرات الشاذة
١٦- الكوازار من المجرات الشاذة .

اختر أصح الإجابات :

١ - الحشد الائتلافي أكبر حجما من :
أ- الحشد المفتوح
ب - الحشد الكرى
ج - أصغر منهما .

٢ - نجوم الحشد الائتلافي تكون :
أ- من النوع O .
ب- من النوع M .
ج - من جميع الأنواع .

٣ - الحشد الكرى :
أ- أكثر الحشود استقرارا .
ب - اقلها استقرارا .
ج - أكثر استقرارا من الحشود الائتلافية .

٤ - نجوم الجمهرة الأولى :
أ- حديثة
ب- قديمة
ج - غير محدد .

٥ - أخفت المجرات تكون من النوع :
أ- الحلزوني
ب- الإهليجي
ج - غير المنتظم

٦ - الكوازار :
أ- فوق التتابع الرئيسي .

ب- نجومه قديمة النشأة ٠

ج - قريب من مجرتنا٠

٧ - القدر الظاهري للنجوم في مجرتنا :

أ- أعلى من القدر الظاهري للكوازار ٠

ب - أقل ٠

ج - غير معروف ٠

٨ - مجرات سيفرت :

أ - من النوع غير المنتظم ٠

ب - من النوع الشاذ ٠

ج - غير محدد ٠

٩ - أ - يمكن أن تتداخل المجرات ٠

ب - لايمكن أن تتداخل ٠

ج - غير معروف ٠

١٠ - مجرتنا من المجرات ذات القدر :

أ- العالي

ب- المنخفض

ج - المتوسط ٠

فهرس الصور

ملحقـــــــات

ملحق (١)

بعض الثوابت الفلكية المهمة

الوحدة الفلكية (AU) = ١٫٤٩٩ x ١٠^٨ كم

السنة الضوئية (LY) = ٩٫٦١ x ١٠^١٢ كم

البارسك (pc) = ٣٫٠٨٦ x ١٠^١٣ كم = ٣٫٢٦ سنة ضوئية

السنة النجمية (y r) = ٣٫١٥٨ x ١٠^٧ ثانية

سرعة الضوء (C) = ٢٫٩٩٧٩ x ١٠^٥ كم/ث

ثابت الجاذبية (G) = ٦٫٦٧٢ x ١٠^-١١ نيوتن . متر٢/كج٢

كتلة الأرض (Me) = ٥٫٩٧٧ x١٠^٢٤ كج

كتلة الشمس (Ms) = ١٫٩٨٩ x١٠^٣٠ كج

نصف القطر الاستوائي للأرض = ٦٣٧٨ كم

نصف القطر الاستوائي للشمس = ٦٫٩٦ x ١٠^٥ كم

الثابت الشمسي = ١٫٣٧ x١٠^٣ وات/متر٢

ثابت هابل (H) = ٧٥ ± ١٥ كم/ث/ميجابارسك

عمر الكون التقريبي = ١٠ - ٢٠ بليون سنة

ثابت بولتزمان (k) = ١٫٣٨ x ١٠^-١٦ إرج/درجة

درجة لمعان الشمس = ٣٫٨٣ x ١٠^٣٣ إرج/ثانية

كتلة الالكترون = ٩٫١٠٩ x ١٠^-٢٨ جرام

كتلة البروتون = ١٫٦٧٣ x ١٠^-٢٤ جرام

ثابت بلانك = ٦٫٦٢٦ x ١٠^-٣٤ جول

ميل المحورين للأرض = ٢٣° ٢٧‾

قوة الجاذبية علي سطح الأرض = ٩٫٨٠٧ م/ث٢

سرعة الهروب من الأرض = ١١٫١٩ كم/ث

ملحـــــق (٢)

بعض التفاعلات النووية ذات الأهمية في الفلك

١- سلسلة بروتون - بروتون

توجد ثلاث طرق لاتمام هذه السلسلة وهي كالتالي : -

(a₁) $^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + e^{+} + \nu$
(b₁) $^{2}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + \gamma$
(c₁) $^{3}_{2}He + ^{3}_{2}He \rightarrow ^{4}_{2}He + 2^{1}_{1}H$

or (c_2) $^{3}_{2}He + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{7}_{4}Be + \gamma$
(d_2) $^{7}_{4}Be + e^{-} \rightarrow ^{7}_{3}Li + \nu$
(e_2) $^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H \rightarrow 2^{4}_{2}He$

or (d_3) $^{7}_{4}Be + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{8}_{5}B + \gamma$
(e_3) $^{8}_{5}B \rightarrow ^{8}_{4}Be + e^{+} + \nu$
(f_3) $^{8}_{4}Be \rightarrow 2^{4}_{2}He$

٢- سلسلة CNOكربون - نيتروجين : أهم التفاعلات لدرجات حرارة أعلى من ١٥ مليون درجة مطلقة هي كالتالي :

(a) $^{12}_{6}C + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{13}_{7}N + \gamma$
(b) $^{13}_{7}N \rightarrow ^{13}_{6}C + e^{+} + \nu$
(c) $^{13}_{6}C + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{14}_{7}N + \gamma$
(d) $^{14}_{7}N + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{15}_{8}O + \gamma$
(e) $^{15}_{8}O \rightarrow ^{15}_{7}N + e^{+} + \nu$
(f) $^{15}_{7}N + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{4}_{2}He$

٣- عمليات ألفا المتعددة وأهمها عند درجات حرارة تزيد عن ١٠٠ مليون درجة مطلقة هي :

(a) $^{4}_{2}He + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{8}_{4}Be + \gamma$

(b) $^{4}_{2}He + ^{8}_{4}Be \rightarrow ^{12}_{6}C + \gamma$

ملحق (٣)

معلومات مهمة عن أقمار الكواكب

الكوكب	الأقمار	المحور الكبير (١٠٠٠ كم)	سنة الاكتشاف	مدة الدورة (يوم)	نصف القطر (كم)
الأرض	القمر	٣٨٤	–	٢٧٫٣٢	٢٤٧٦
المريخ	١- فوبوس	٩٫٤	١٨٧٧	٫٣٢	٢٣
	٢- ديموس	٢٣٫٥	١٨٧٧	١٫٢٦	١٣
المشتري	١- ميتس	١٢٨	١٩٧٩	٫٢٩	٢٠
	٢-أدراستيا	١٢٩	١٩٧٩	٫٣	٤٠
	٣-أمالثيا	١٨١	١٨٩٢	٫٥	٢٠٠
	٤-ثيبا	٢٢٢	١٩٧٩	٫٦٧	٩٠
	٥- IO	٤٢٢	١٦١٠	١٫٧٧	٣٦٣٠
	٦ - أوروبا	٦٧١	١٦١٠	٣٫٥٥	٣١٣٨
	٧-جانيميد	١٠٧٠	١٦١٠	٧٫١٦	٥٢٦٢
	٨- كاليستو	٨٨٣	١٦١٠	١٦٫٦٩	٤٨٠٠
	٩-ليدا	١١٠٩٠	١٩٧٤	٢٣٩	١٥
	١٠- هيماليا	١١٤٨٠	١٩٠٤	٢٥١	١٨٠
	١١-ليسيثيا	١١٧٢٠	١٩٣٨	٢٥٩	٤٠
	١٢- إلارا	١١٧٤٠	١٩٠٥	٢٦٠	٨٠
	١٣-أنانك	٢١٢٠٠	١٩٥١	R ٦٣١	٣٠
	١٤-كارم	٢٢٦٠٠	١٩٣٨	R ٦٩٢	٤٠
	١٥- باسيفا	٢٣٥٠٠	١٩٠٨	R ٧٣٥	٤٠
	١٦- سينوب	٢٣٧٠٠	١٩١٤	R ٧٥٨	٤٠
زحل	١-لم يسم بعد	١١٨٫٢	١٩٨٥	٫٤٨	١٥
	٢- بان	١٣٣٫٦	١٩٨٥	٫٥٨	٢٠
	٣- أطلس	١٣٧٫٧	١٩٨٠	٫٦	٤٠
	٤-بروميثيوس	١٣٩٫٤	١٩٨٠	٫٦١	٨٠
	٥-باندورا	١٤١٫٧	١٩٨٠	٫٦٣	١٠٠
	٦- جانوس	١٥١٫٤	١٩٦٦	٫٦٩	١٩٠
	٧- إمفيثيوس	١٥١٫٤	١٩٨٠	٫٦٩	١٢٠
	٨- ميماس	١٨٦	١٧٨٩	٫٩٤	٣٩٤
	٩- إنثليدوس	٢٣٨	١٧٨٩	١٫٣٧	٥٠٢
	١٠- تيثز	٢٩٥	١٦٨٤	١٫٨٩	١٠٤٨
	١١- تيليستو	٢٩٥	١٩٨٠	١٫٨٩	٢٥
	١٢- كاليبسو	٢٩٥	١٩٨٠	١٫٨٩	٢٥

تابع ملحق (٣)

معلومات مهمة عن أقمار الكواكب

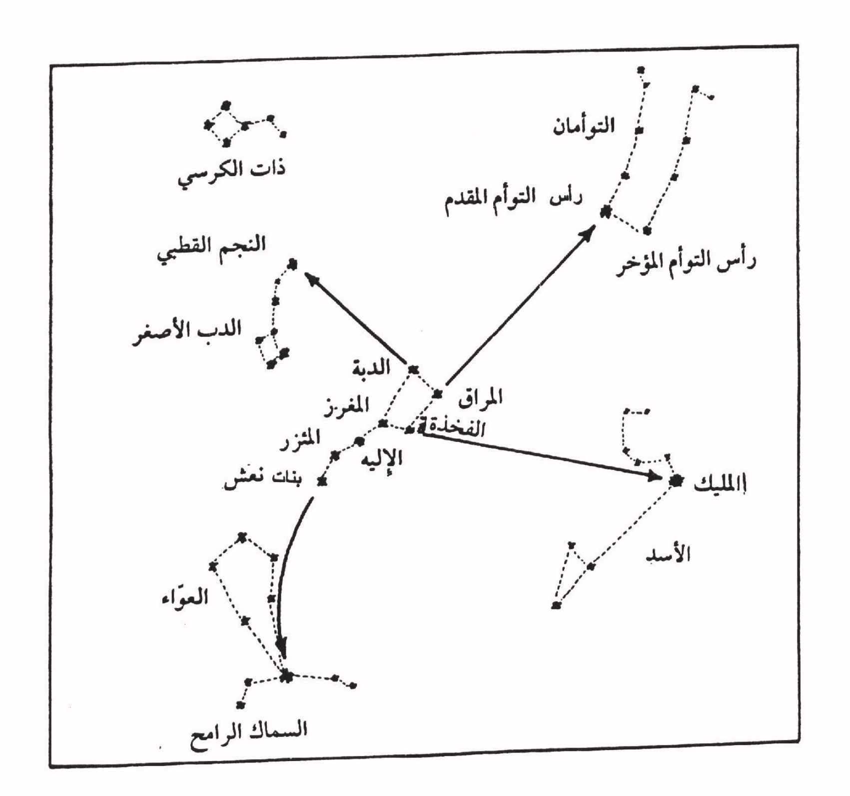
الكوكب	الأقمار	المحور الكبير (١٠٠٠كم)	سنة الاكتشاف	مدة الدورة (يوم)	نصف القطر (كم)
	١٣- دايون	٣٧٧	١٦٨٤	٢ر٧٤	١١٢٠
	١٤- هيلين	٣٧٧	١٩٨٠	٢ر٧٤	٣٠
	١٥- ريا	٥٢٧	١٦٧٢	٤ر٥٢	١٥٣٠
	١٦- تيتان	١٢٢٢	١٦٥٥	١٥ر٩٥	٥١٥٠
	١٧- هايبريون	١٤٨١	١٨٤٨	٢١ر٣	٢٧٠
	١٨- إيبتوس	٣٥٦١	١٦٧١	٧٩ر٣	١٤٣٥
	١٩- فوب	١٢٩٥٠	١٨٩٨	R ٥٥٠	٢٢٠
اورانوس	١- كورديليا	٤٩ر٨	١٩٨٦	ر٣٤	٤٠
	٢- اوفيليا	٥٣ر٨	١٩٨٦	ر٣٨	٥٠
	٣- بيانكا	٥٩ر٢	١٩٨٦	ر٤٤	٥٠
	٤- كريسيدا	٦١ر٨	١٩٨٦	ر٤٦	٦٠
	٥- بسديمونا	٦٢ر٦	١٩٨٦	ر٤٨	٦٠
	٦- جوليت	٦٤ر٤	١٩٨٦	ر٥	٨٠
	٧- بورتيا	٦٦ر١	١٩٨٦	ر٥١	٨٠
	٨- روزاليند	٦٩ر٩	١٩٨٦	ر٥٦	٦٠
	٩- بيلندا	٧٥ر٣	١٩٨٦	ر٦٣	٦٠
	١٠- بوك	٨٦	١٩٨٥	ر٧٦	١٧٠
	١١- ميراندا	-	١٩٤٨	–	–
	١٢- اريل	١٩١	١٨٥١	٢ر٥٢	١١٦٠
	١٣- امبريل	٢٦٦	١٨٥١	٤ر١٤	١١٩٠
	١٤- تيتانيا	٤٣٦	١٧٨٧	٨ر٧١	١٦١٠
	١٥- أوبيرون	٥٨٣	١٧٨٧	١٣ر٥	١٥٥٠
نبتون	١- ناياد	٤٨	١٩٨٩	ر٣	٥٠
	٢- ثالاسا	٥٠	١٩٨٩	ر٣١	٩٠
	٣- دسبينا	٥٣	١٩٨٩	ر٣٣	١٥٠
	٤- جالاتيا	٦٢	١٩٨٩	ر٤	١٥٠
	٥- لاريسا	٧٤	١٩٨٩	ر٥٥	٢٠٠
	٦- بروتيوس	١١٨	١٩٨٩	١ر١٢	٤٠٠
	٧- تريتون	٢٥٥	١٨٤٦	R ٥ر٨٨	٢٧٢٠
	٨- نيريد	٥٥١١	١٩٤٩	٣٦٠	٣٤٠
بلوتو	١- شارون	١٩ر٧	١٩٧٨	٦ر٣٩	١٢٠٠ .

الرمز R يشير الى أن حركة القمر تكون معاكسة في الاتجاه لحركة الكواكب التابع له .

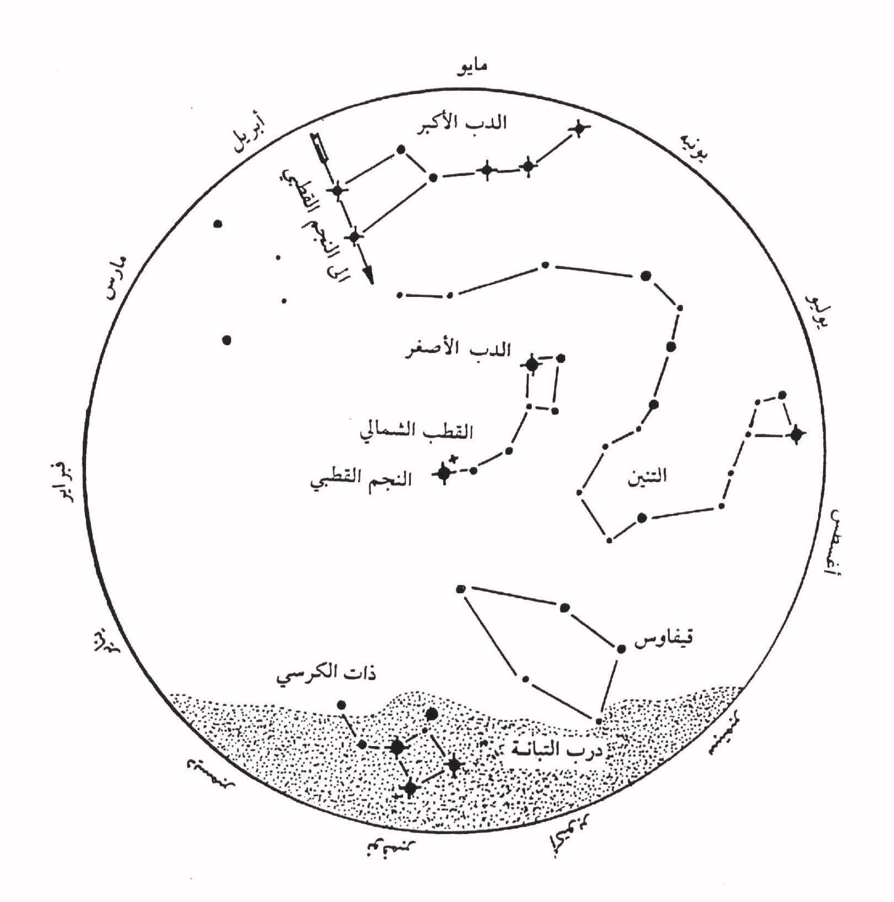
ملحق (٤)

خرائط النجوم في الفصول المختلفة

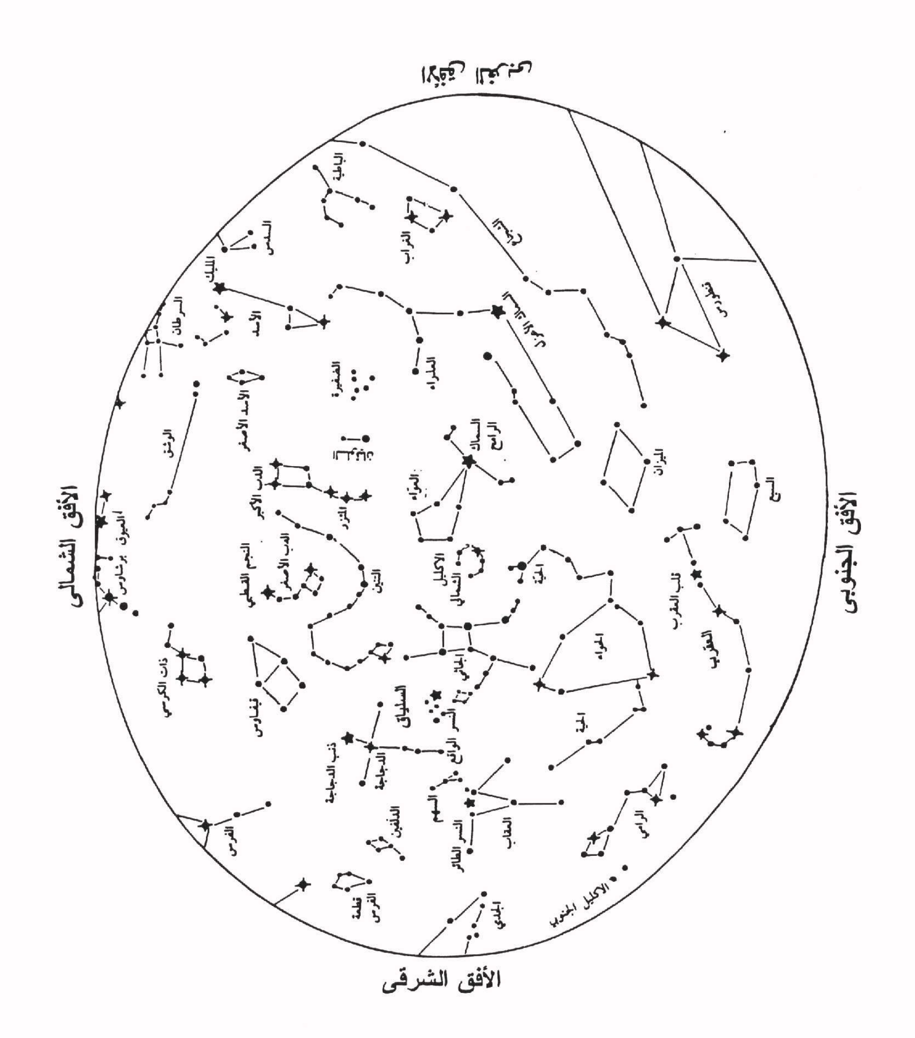
لقد اعتاد الفلكيون علي رسم أربع خرائط فصلية توضح التجمعات النجمية التي تظهر في بداية الفصول الأربعة . والخرائط الفصلية مبينة في الأشكال التالية. هذا بالإضافة لخريطة منفصلة تظهر مجموعة الدب الأكبر وأخري للتجمعات النجمية التي تظهر في دائرة القطب الشمالي .



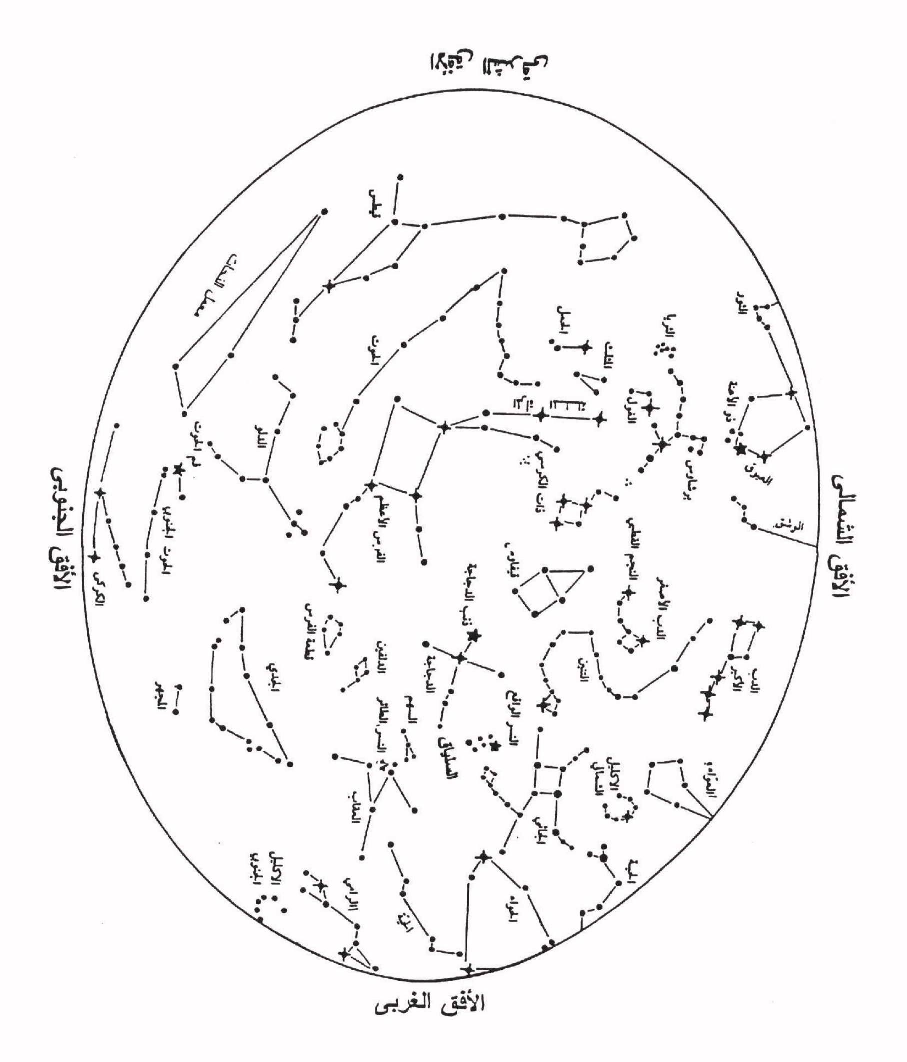
مجموعة الدب الأكبر



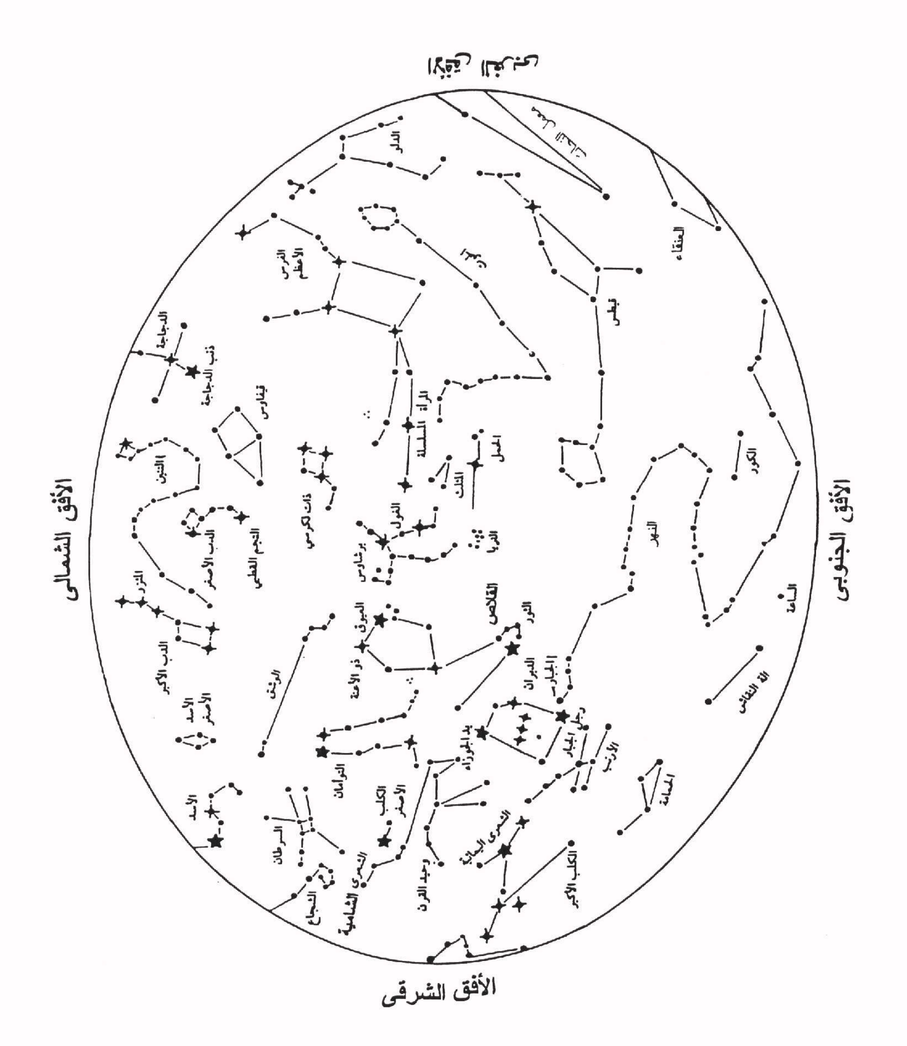
نجوم القطب الشمالى



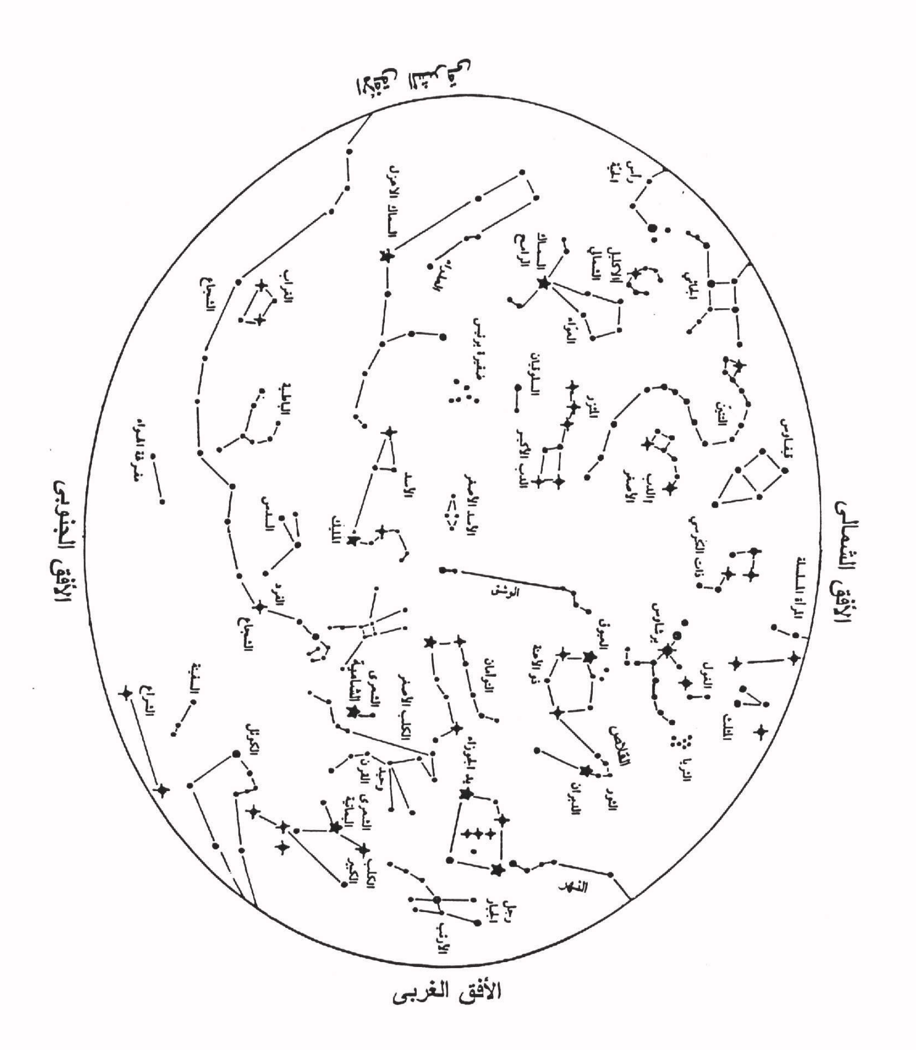
المجموعات النجومية فى سماء الصيف



المجموعات النجومية فى سماء الخريف



المجموعات النجومية فى سماء الشتاء



المجموعات النجومية فى سماء الربيع

مراجـــع مختارة

مراجع عربية :

١- أثر علماء العرب والمسلمين في تطوير علم الفلك
تأليف / الدكتور/ علي عبدالله الدفاع ، ١٩٨٥ م ، مؤسسة الرسالة ، الطبعة الثالثة .

٢- العلوم البحتة في العصور الإسلامية
تأليف / عمر رضا كحالة ، ١٩٧٢، المطبعة التعاونية بدمشق ، الطبعة الأولى.

٣- في الصناعة العظمى للكندي
د. عزمي طه السيد أحمد ، ١٩٨٧ ، دار الشباب ، الطبعة الأولى .

٤- عجائب المخلوقات وغرائب الموجودات
زكريا القزديني (١٢٨٠م) ، ١٩٦٦ ، مطبعة مصطفى البابي الحلبي وأولاده بمصر.

٥- تاريخ العلوم والحضارة الإسلامية
أ.د. محمد عبده عبد المعطي و أ.د. أحمد لطفي العطار و أ.د. أحمد عبد الرزاق و د. أمال العمري و د. محمد أحمد أبو الفضل ، ١٩٨٩ مطبوعات جامعة الإمارات العربية المتحدة .

٦- مبادئ علم الفلك
مذكرة من تأليف د. عبد القوي زكي عياد ، من منشورات جامعة القاهرة - كلية العلوم .

٧- تاريخ علم الفلك العربي
مؤيد الدين العرضي المتوفي سنة ٦٦٤ هجرية(كتاب الهيئة) ، ١٩٩٠ تحقيق وتقديم جورج صليبا ، مركز دراسات الوحدة العربية - سلسلة تاريخ العلوم عند العرب(٢) .

٨- الموسوعة الفلكية
د. عبد القوي زكي عياد ،١٩٩٠، الهيئة المصرية العامة للكتاب.

٩- أبو الريحان البيروني
د. محمد جمال الدين الفندي و د. إمام إبراهيم أحمد .

١٠- موسوعة علماء العرب والمسلمين
د. محمد فارس، ١٩٩٣، المؤسسة العربية للدراسات والنشر .

١١- دليل السماء والنجوم
عبد الرحيم بدر ، ١٩٨٥، مؤسسة مصر للتوزيع .

مراجع أجنبية :

1- The dynamic universe : an introduction to astronomy,1991,ed. by T. P. Snow,West publishing company .

2- Exploration of the universe ,1991 ,6th edition,ed. by G. Abell,D. Morrison and Sidney C.Wolff,Saunders College Publishing.

3- Physical Science,1991, ed. by J.S. Faughn,J. Turk and A. Turk,Saunders College Publishing.

4- Exploring Planetary worlds,1993,ed. D. Morrison,Scientific American Library,A division of HPHLP,New Work .

5- The great comet crash , July 1994, Sky and Telescope .

6- Impact,October 1994,Sky and Telescope .

7- The Cambridge Eclipse Photography Guide,1993,J. M. Pasachoff and M. A. Covington,Cambridge University press.

8- The self-Reproducing Inflationary Universe,1994,A. Linde ,Scientific American , November ,vol 32 .

9- The Evolution of the Universe,1994,P. E. Peebles,D. N. Schramm,E. L. Turner and R.G. Kron,Scientific American,October,vol 29.

10- Introductory Astronomy and Astrophysics,1987,M. Zeilik and Smith, Saunders College Publishing .

11- Astronomy : the evolving universe, 1994, 7th edition,M. Zeilik , John wiley and sons, Inc .